

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
Кафедра теплотехніки та енергозбереження

«На правах рукопису»  
УДК 621.548

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри  
В.І.Дешко  
(підпис) (ініціали, прізвище)  
“ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

**Магістерська дисертація  
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та інжиніринг  
теплоенергетичних систем»

на тему: «Модернізація системи теплопостачання школи з використанням  
твердопаливного котла»

Виконав (-ла): студент (-ка) VI курсу, групи ОТ – 81мп  
(шифр групи)

Лівіщенко Анатолій Анатолійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник доцент, к.т.н., Шкляр В.І.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультанти:

Електротехнічна частина к.т.н., доцент Замулко А.І.

\_\_\_\_\_

Стартап-проект к.т.н., доцент Шевчук Н.А.

\_\_\_\_\_

Нормоконтроль к.т.н., доцент Шкляр В.І.

\_\_\_\_\_

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент (-ка) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

**Інститут (факультет)** Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
(повна назва)

**Кафедра** Теплотехніки та енергозбереження  
(повна назва)

**Рівень вищої освіти** – другий (магістерський)

**Спеціальність** 144 «Теплоенергетика»  
(код і назва)

**Освітньо-професійна програма** «Енергетичний менеджмент та інжиніринг  
теплоенергетичних систем»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

В.І. Дешко  
(підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ЗАВДАННЯ**

на магістерську дисертацію студенту

Лівиценку Анатолію Анатолійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема дисертації** «Модернізація системи теплопостачання школи з використанням твердопаливного котла»

**науковий керівник дисертації** Шкляр Віктор Іванович, к.т.н, доцент \_\_\_\_\_,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

**затверджені наказом по університету від** «04» 11 2019 р. № 3814-с \_\_\_\_\_

**2. Термін подання студентом дисертації** 9 грудня 2019 р.

**3. Об'єкт дослідження** система опалення СЗШ №121 за допомогою  
твердопаливного котла

**4. Вихідні дані до магістерської дисертації** загальна площа будівлі становить 4539,3 м<sup>2</sup>, площа підвалу – 300 м<sup>2</sup> та площа бомбосховища – 200 м<sup>2</sup>. Загальна опалювальна площа – 3200 м<sup>2</sup> Площа засклення 499,5 м<sup>2</sup>. Площа зовнішніх стін 1987 м<sup>2</sup>. Площа підлоги над неопалюваним підвалом 1119 м<sup>2</sup>. Площа горючих перекриттів 1119 м<sup>2</sup>. Висота будівлі загальна 12,5 м.

**5. Перелік завдань, які потрібно розробити** 1) провести огляд потенціалу енергії біопалива України; 3) розрахувати ефективність використання системи опалення з пелетними котлами; 4) провести аналіз результатів;

**6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу** Креслення: 1-4(Назва)  
презентація

## 7. Орієнтовний перелік публікацій

---



---



---

## 8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Електротехнічна частина	доцент Замулко А.І.		
Стартап-проект	доцент Шевчук Н.А.		
Нормоконтроль	доцент Шкляр В.І.		

## 9. Дата видачі завдання 02.09. 2019 р.

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	<i>Загальні відомості про об'єкт дослідження</i>	<i>28.10.2019 - 11.11.2019</i>	
2	<i>Інжиніринг енергетичних систем</i>	<i>28.10.2019 - 07.12.2019</i>	
3	<i>Специфікація</i>	<i>28.10.2019 - 07.12.2019</i>	
4	<i>Енергоменеджмент та моніторинг</i>	<i>28.10.2019 - 11.11.2019</i>	
5	<i>Стартап-проект</i>	<i>11.11.2019 - 07.12.2019</i>	
6	<i>Нормативне оформлення магістерської дисертації</i>	<i>11.11.2019- 07.12.2019</i>	
7	<i>Попередній захист</i>	<i>09.12.2019- 13.12.2019</i>	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

А.А. Лівіщенко  
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації \_\_\_\_\_  
(підпис) (ініціали, прізвище)

В.І. Шкляр

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація «Модернізація системи теплопостачання школи з використанням твердопаливного котла» складається з 90 сторінок, 31 рисунків, 73 таблиць, а також містить 15 джерел в переліку посилань.

Актуальність теми полягає в ефективному використанні енергоресурсів, адже в Україні маса систем, які є зношеними і застарілими, як правило з низьким ККД, тому необхідно замінювати старе обладнання, монтувати та проєктувати нові сучасні котельні та тепlopункти.

Метою роботи є визначення доцільності використання різних видів твердопаливних котлів в системі теплопостачання школи.

Завдання дослідження – провести аналіз використання у школі твердопаливних котлів різних видів і визначити, яке саме джерело теплової енергії необхідно застосовувати для забезпечення безперебійного і надійного теплопостачання СЗШ №121.

Об'єкт дослідження – твердопаливні котли з різними видами палива.

Предмет дослідження – вивчення твердопаливних котлоагрегатів, вивчення енергетичних систем навчального закладу, вивчення варіантів проєктування нової котельні на території школи в існуючій будівлі, яка їй належить.

Наукова новизна магістерської дисертації полягає у дослідженні використання твердопаливного котла на біопаливі в системі теплопостачання школи.

Отримані результати, запропоновані методики та підходи можуть використовуватись для аналізу ефективності твердопаливного котла в системі теплопостачання навчального закладу.

**Ключові слова та словосполучення:** система теплопостачання, твердопаливний котел, котельні, біопаливо, проєктування,

## ABSTRACT

The master's thesis "Modernization of the school heat supply system using a solid fuel boiler" consists of 90 pages, 31 figures, 73 tables, and also contains 15 sources in the list of links.

The topicality of the topic is the efficient use of energy resources, because in Ukraine there are many systems that are worn out and outdated, as is true with low efficiency, so it is necessary to replace old equipment, install and design new modern boiler rooms and heat stations.

The purpose of this paper is to determine the feasibility of using different types of solid fuel boilers in the school's heat supply system.

The aim of the study is to analyze the use of solid fuel boilers of different types in the school and to determine which source of heat energy should be used to ensure uninterrupted and reliable heat supply of secondary school №121

The object of study - solid fuel boilers with different types of fuel.

The subject of the study is the study of solid fuel boilers, the study of energy systems of the educational institution, the study of design options for a new boiler room in the school in the existing building that belongs to her.

The scientific novelty of a master's thesis is to study the use of a solid fuel boiler for biofuels in the school's heat supply system.

The obtained results, proposed methods and approaches can be used to analyze the efficiency of a solid fuel boiler in the heat supply system of an educational institution.

**Key words and phrases:** heat supply system, solid fuel boiler, boiler room, biofuels, design.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ.....	11
ВСТУП.....	12
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ’ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	13
1.1 Загальні відомості.....	13
1.2 Річне споживання енергоносіїв.....	14
1.2.1 Споживання електричної енергії .....	14
1.2.2 Споживання води.....	17
1.2.3 Споживання вугілля.....	19
Висновки до розділу .....	20
2 ІНЖИНІРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ СЗШ №121.....	21
2.1 Дослідження огорожувальних конструкцій .....	22
2.1.1. Аналіз сучасного стану.....	22
2.1.2. Аналіз поточного технічного стану системи.....	26
2.1.3. Шляхи підвищення ефективності огорожувальних конструкцій.....	35
2.2 Дослідження джерел теплопостачання.....	38
2.2.1 Аналіз сучасного стану.....	38
2.2.2 Аналіз поточного технічного стану системи.....	39
2.3 Дослідження системи опалення .....	39
2.3.1 Аналіз сучасного стану.....	39
2.3.2 Пропозиції щодо модернізації системи теплопостачання.....	41
2.4 Дослідження системи вентиляції .....	42
2.4.1 Аналіз сучасного стану .....	43
2.4.2 Шляхи підвищення ефективності системи вентиляції.....	42
2.5.Дослідження систем водопостачання та водовідведення.....	43
2.5.1 Аналіз сучасного стану системи водопостачання .....	43
2.6 Дослідження системи електропостачання .....	43

2.6.1. Аналіз сучасного стану постачання електричної енергії.....	43
2.6.2. Аналіз поточного технічного стану системи Електропостачання.....	48
2.6.3. Шляхи підвищення ефективності використання системи електропостачання для забезпечення електричною енергією.....	52
2.6.4. Пропозиції щодо модернізації системи електропостачання об'єкту для реалізації завдань магістерської дисертації.....	55
Висновки до розділу.....	56
3 АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ КОТЛІВ В СИСТЕМІ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СЗШ №121.....	60
3.1 Нормативна база для проектування котлів.....	60
3.2 Аналіз нового обладнання для системи теплопостачання школи.....	61
3.3 Техніко-економічний розрахунок системи опалення школи на різних видах палива у середовищі RETScreen.....	68
Висновки до розділу.....	69
4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ.....	77
4.1 Поточний стан.....	77
4.2 Опис заходу з впровадження СЕМ.....	77
Висновки до розділу.....	78
5 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «ПРОЕКТУВАННЯ ТА МОНТАЖ КОТЕЛЕНЬ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА ДЕРЕВНИХ ПЕЛЕТАХ».....	79
5.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проекту.....	80
5.2.Обґрунтування актуальності та новизна інноваційної ідеї стартап-проекту .....	80
5.3 Аналіз конкурентного середовища.....	81
5.4. Ключові види діяльності та ключові пратнери.....	82
5.5 Фінансове обґрунтування стартап-проекту.....	84
5.5.1 Прямі матеріальні витрати.....	84
5.2 Витрата на оплату праці.....	84

5.5.3.Обґрунтування вартості задіяних основних фондів та амортизаційних відрахувань.....	85
5.5.4 Інші прямі витрати.....	87
5.5.5 Загально-виробничі витрати.....	87
5.5.6 Умовно-змінні витрати.....	88
5.5.7 Умовно-постійні витрати.....	88
5.5.8 Накладні витрати.....	89
5.5.9 Обґрунтування собівартості інноваційної ідеї стартап-проекту.....	89
5.6 Обґрунтування рівня рентабельності (прибутковості) інноваційної ідеї.....	90
5.7 Обґрунтування вартості виробництва інноваційної технології.....	91
5.8 Цільові групи потенційних споживачів.....	92
5.9 Канали збуту.....	93
5.10 Бізнес-модель проекту.....	94
Висновки до розділу.....	95
ВИСНОВОК.....	96
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ.....	97



## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

ПЕР	– Паливно енергетичні ресурси
ВДЕ	– відновлювані джерела енергії;
ГВП	– гаряче водопостачання;
СЕП	– система електропостачання
ККД	– коефіцієнт корисної дії;
СЕМ	– система енергетичного менеджменту;
ТП	– трансформаторна підстанція;
ЕПРА	– електронна пуско-регулююча апаратура;
ПРА	– пуско-регулююча апаратура;

## УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

$B$	– витрата палива;
$Q$	– теплота;
$Q_H^P$	– нижча робоча теплота згорання палива;
$q_0$	– питома опалювальна характеристика будівлі;
$\delta$	– товщина;
$\lambda$	– коефіцієнт теплопровідності.

## ВСТУП

На сьогодні основним способом отримання теплової енергії є спалювання викопних корисних копалин, тобто ресурсів, які є вичерпними. Така тенденція спостерігається практично у всіх країнах світу, проте останні роки дуже поширеним є впровадження в життя енергоефективних технологій.

Саме тому перед нами постає питання вирішення проблеми з забрудненням навколишнього середовища. На сьогодні актуальною є тема переходу на відновлювані джерела енергії та біопаливо. Саме ці види палива допоможуть вирішити проблему екологічну та допоможе виробляти фінансово доцільну теплову енергію.

В Україні бюджетні та комунальні установи отримують та виробляють теплову енергію використовуючи застаріле обладнання, зношене з низьким ККД, ці системи уже давно пройшли свій термін експлуатації і здавалося, що їх треба списати, але в системах теплопостачання багатьох установ вони ще використовуються, а тобто ми маємо масу перевитрати ПЕР. Тому наше завдання розглянути перехід на більш нові економічно вигідні та екологічно чисті технології.

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1 Загальні відомості

Об'єктом над, яким проводиться дослідження є Середня загальноосвітня школа №121, що знаходиться за адресою м. Київ, вулиця Каменярів, 35. Директор школи Даценко Л.В. Графік роботи: понеділок – п'ятниця з 8:00 до 18:00 год.

Об'єкт, який досліджується показаний на рисунках 1.1 – 1.2



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд фасаду будівлі СЗШ №121



Рисунок 1.2 – Вигляд бокової стіни будівлі

Школа була збудована у 1935 році, а в 1956 році школа була добудована. Школа має три поверхи та складається з двох корпусів та прибудови у вигляді спортивної зали. Будівля школи має двохскатний дах. Передбачено три сходові клітини. Має підвальне приміщення до складу якого входить котельня школи, складські господарські приміщення та бомбосховище.

На сьогодні школу відвідують 260 учнів. Працюють 42 працівників, в тому числі обслуговуючий персонал. Загальна площа будівлі становить 4539,3 м<sup>2</sup>, площа підвалу – 300 м<sup>2</sup> та площа бомбосховища – 200 м<sup>2</sup>. Загальна опалювальна площа – 3200 м<sup>2</sup>. Площа застіння 494 м<sup>2</sup>. Площа зовнішніх стін 1219 м<sup>2</sup>. Площа підлоги над опалюваним підвалом 1119 м<sup>2</sup>. Площа горищних перекриттів 1119 м<sup>2</sup>.

На об'єкті також присутні приміщення майстерні, в якій знаходиться устаткування у вигляді свердлильного апарату, фрезерного, слюсарного та точильного станків, які не використовуються впродовж останніх десяти років. В будівлі також є харчоблок в якому проводиться приготування їжі для учнів. Розрахунок за спожиті енергоресурси здійснюється за показами існуючих вузлів обліку електроенергії, холодної води. Система освітлення будівлі, в основному, складається з люмінесцентних ламп.

## **1.2 Річне споживання енергоносіїв**

### **1.2.1 Споживання електричної енергії**

В школі здійснюється облік використання електричної енергії, завдяки двом лічильникам НІК 2301 АТ (№059295), проводить облік котельні школи та їдальні, та НІК 2301 АП-3 (№344533), який веде облік решти систем школи. В таблиці 1.1 показано споживання електроенергії обліковане в їдальні та котельні школи.

Таблиця 1.1 – Результати обліку зняті з лічильника НІК 2301 АТ (№059295)

Місяць	Споживання електричної енергії, кВт*год								
	2016			2017			2018		
	кВт*год	Δ	грн	кВт*год	Δ	грн	кВт*год	Δ	грн
Січень	983	680	884	6366	827	1232,2	11536	734	1291,8
Лютий	1741	758	985,4	7193	731	1089,2	12270	629	1107
Березень	2469	728	990,08	7924	361	537,89	12899	427	751,52
Квітень	2940	471	673,53	8285	250	372,5	13326	276	485,76
Травень	3124	184	263,12	8535	71	110,76	13602	57	100,32
Червень	3220	96	137,28	8606	41	63,96	13659	52	91,52
Липень	3274	54	81	8647	41	70,52	13711	10	17,6
Серпень	3343	69	103,5	8688	43	73,96	13721	69	121,44
Вересень	3583	240	360	8731	716	1231,5	13790	3288	5786,9
Жовтень	4125	542	823,84	9447	553	1039,6	17078	5733	10090
Листопад	4951	826	1255,5	10000	750	1410	22811	7088	12475
Грудень	5671	695	1056,4	10750	786	1477,7	29899	7105	12505
<b>Всього</b>		<b>5343</b>	<b>7613,7</b>		<b>5170</b>	<b>8709,9</b>		<b>25468</b>	<b>44824</b>

На рисунку 1.3 показано помісячне споживання електроенергії їдальнею та котельнею за 2016-2018 роки.

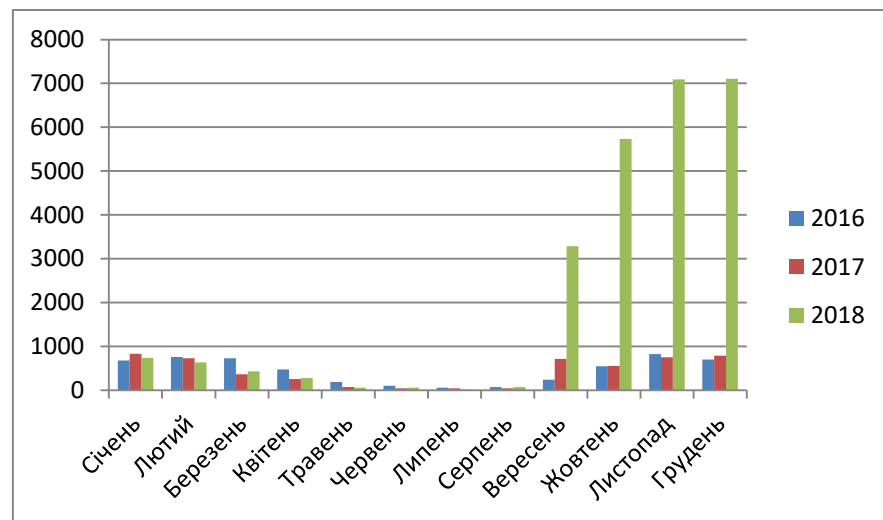


Рисунок 1.3 – Помісячні результати обліку зняті з лічильника НІК 2301 АТ (№059295)

В таблиці 1.2 показано споживання системи освітлення, майстерень, та інших побутових споживачів.

Таблиця 1.2 – Результати обліку зняті з лічильника НІК 2301 АП-3 (№344533).

Місяць	Споживання електричної енергії виміряне лічильником №344533, кВт*год								
	2016			2017			2018		
	кВт*год	Δ	грн	кВт*год	Δ	грн	кВт*год	Δ	грн
Січень	5128	98	127,4	5995	95	141,55	6985	106	186,56
Лютий	5220	92	119,6	6090	83	123,67	7091	68	119,68
Березень	5294	74	100,64	6173	75	111,75	7159	82	144,32
Квітень	5374	80	114,4	6248	68	101,32	7241	69	121,44
Травень	5440	66	94,38	6316	50	78	7310	44	77,44
Червень	5492	52	74,36	6366	46	71,76	7354	54	95,04
Липень	5533	41	61,5	6412	46	79,12	7408	11	19,36
Серпень	5585	52	78	6458	23	39,56	7419	31	54,56
Вересень	5647	62	93	6481	168	288,96	7450	131	230,56
Жовтень	5725	78	118,56	6649	110	206,8	131	40	70,4
Листопад	5825	100	152	6759	112	210,56	171	59	103,84
Грудень	5927	68	103,36	6871	114	214,32	230	44	77,44
<b>Всього</b>		<b>863</b>	<b>1237,2</b>		<b>990</b>	<b>1667,37</b>		<b>739</b>	<b>1300,64</b>

На рисунку 1.4 показано помісячне споживання електроенергії системою освітлення, майстернями та іншими побутовими споживачами за 2016-2018 роки.

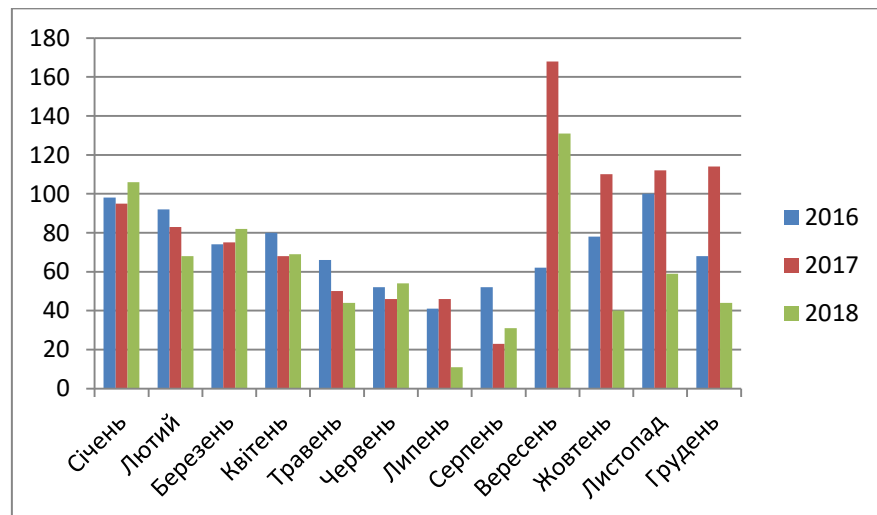


Рисунок 1.4 – Помісячні результати обліку зняті з лічильника НІК 2301 АП-3 (№344533)

### 1.2.2 Споживання води

В школі здійснюється облік використання води завдяки двом водомірам № 0121946, який розташовано у підвалі та № 0122433, який розташовано у котельні. В таблиці 1.4 показано споживання води зняте з водоміру №0121946.

Таблиця 1.4 – Результати обліку зняті з водоміру № 0121946

Місяць	Споживання води виміряне водоміром №0122433, м3								
	2016			2017			2018		
	м3	Δ	грн	м3	Δ	грн	м3	Δ	грн
Січень	2195	51	443,19	2695	81	957,42	3599	91	1392,3
Лютий	2244	49	425,81	2776	103	1217,46	3690	22	336,6
Березень	2300	56	486,64	2879	98	1158,36	3712	79	1208,7
Квітень	2325	25	217,25	2977	97	1146,54	3791	49	749,7
Травень	2363	38	330,22	3074	34	401,88	3840	35	535,5
Червень	2407	44	382,36	3108	24	283,68	3875	17	260,1
Липень	2435	28	243,32	3132	20	236,4	3892	7	107,1
Серпень	2465	30	260,7	3152	82	969,24	3899	73	1116,9
Вересень	2512	47	408,43	3234	163	1926,66	3972	73	1116,9
Жовтень	2552	40	347,6	3397	48	567,36	4045	43	657,9
Листопад	2601	49	425,81	3445	55	650,1	4088	37	566,1
Грудень	2195	51	443,19	2695	81	957,42	3599	91	1392,3
<b>Всього</b>		<b>508</b>	<b>4414,52</b>		<b>886</b>	<b>10472,5</b>		<b>617</b>	<b>9440,1</b>

На рисунку 1.5 показано помісячне споживання води зафіксоване водоміром № 0121946.

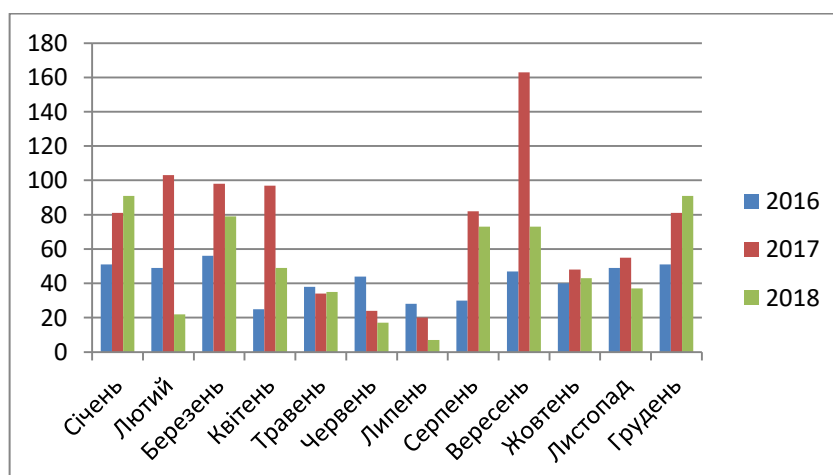


Рисунок 1.5 – Помісячні результати обліку зняті з водоміра № 0121946

В таблиці 1.5 показано споживання води зняте з водоміру № 0122433.

Таблиця 1.5 – Результати обліку зняті з водоміру № 0122433

Місяць	Споживання води, м3								
	2016			2017			2018		
	м3	Δ	грн	м3	Δ	грн	м3	Δ	грн
Січень	1499	25	217,25	1698	36	425,52	1943	26	397,8
Лютий	1516	17	147,73	1734	31	366,42	1969	27	413,1
Березень	1534	18	156,42	1765	8	94,56	1996	10	153
Квітень	1546	12	104,28	1773	9	106,38	2006	4	61,2
Травень	1553	7	60,83	1782	7	82,74	2010	6	91,8
Червень	1561	8	69,52	1789	7	82,74	2016	5	76,5
Липень	1569	8	69,52	1796	7	82,74	2021	1	15,3
Серпень	1579	10	86,9	1803	9	106,38	2022	11	168,3
Вересень	1593	14	121,66	1812	35	413,7	2033	11	168,3
Жовтень	1618	25	217,25	1847	26	307,32	2044	45	688,5
Листопад	1649	31	269,39	1873	38	449,16	2089	2	30,6
Грудень	1678	20	173,8	1911	38	449,16	2091	11	168,3
<b>Всього</b>		<b>195</b>	<b>1694,6</b>		<b>251</b>	<b>2966,82</b>		<b>159</b>	<b>2432,7</b>

На рисунку 1.6 показано помісячне споживання води зафіксоване водоміром № 0122433.

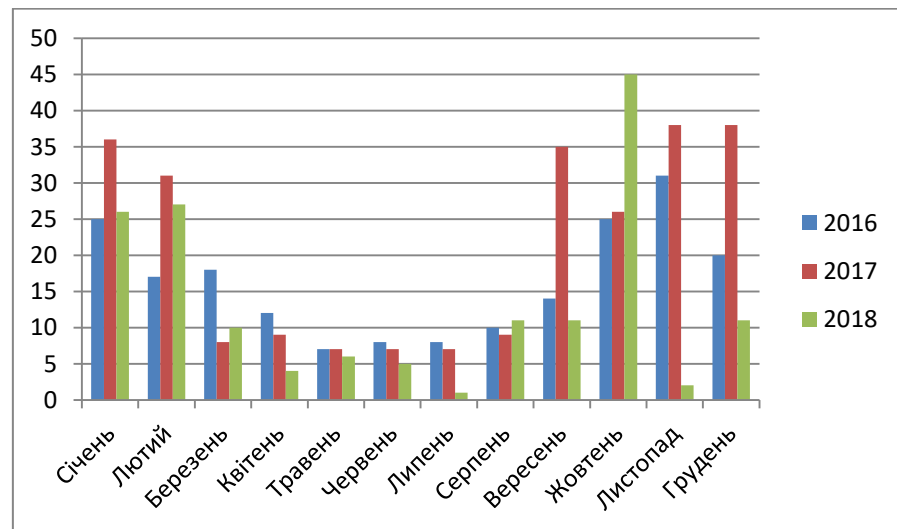


Рисунок 1.6 – Помісячні результати обліку зняті з водоміра № 0122433



### 1.2.3 Споживання вугілля

Як джерело теплової енергії школа використовує вугілля марки АКО. В таблиці 1.6 показано споживання вугілля за останні три роки.

Таблиця 1.6 – Споживання вугілля

Місяць	Споживання вугілля, т					
	2016		2017		2018	
	т	грн	т	грн	т	грн
Січень	32	85312	33	87978	34	90644
Лютий	32	85312	30	79980	34	90644
Березень	27	71982	24	63984	29	77314
Квітень	15	39990	14	37324	19	50654
Жовтень	16	42656	17	45322	16	42656
Листопад	25	66650	27	71982	24	63984
Грудень	30	79980	32	85312	29	77314
<b>Всього</b>	<b>177</b>	<b>471882</b>	<b>177</b>	<b>471882</b>	<b>185</b>	<b>490000</b>

На рисунку 1.7 показане помісячне споживання вугілля за опалювальний період.

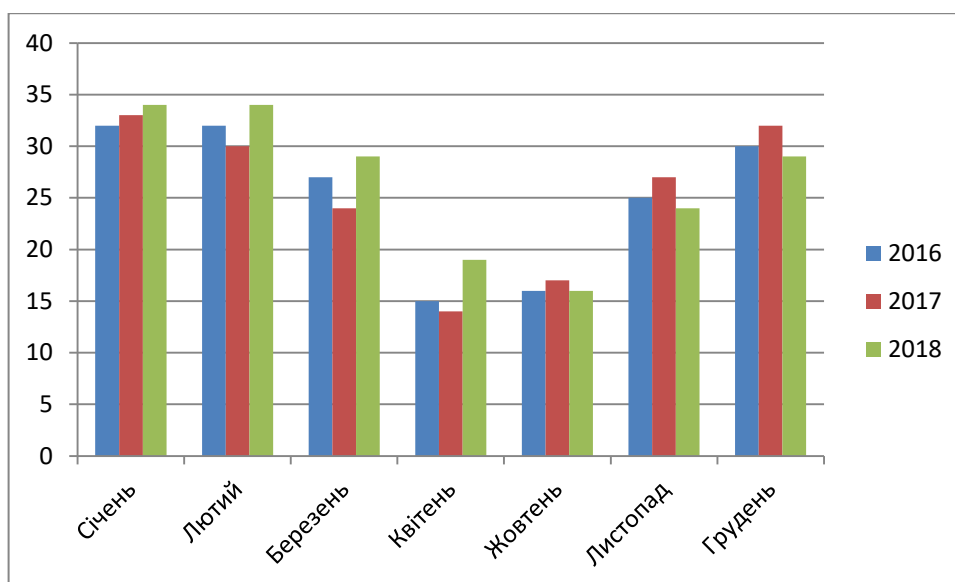


Рисунок 1.7 – Помісячне споживання вугілля в опалювальний період.

## Висновки до розділу

На рисунку 1.8 показано графік витрати школою фінансів на різні види енергоресурсів.

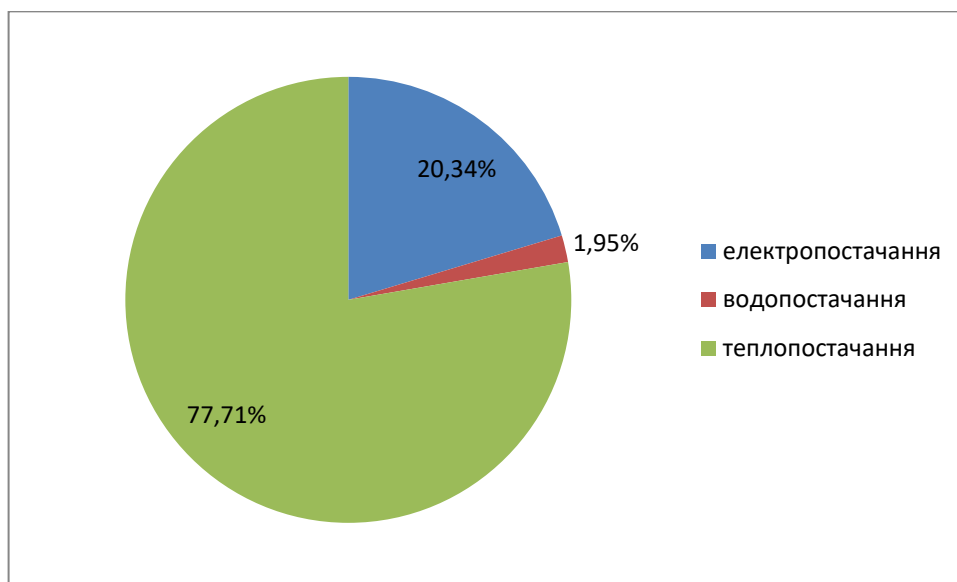


Рисунок 1.4 – Графік витрат коштів на енергоресурси

З графіку витрат коштів на енергоресурси бачимо, що школа найбільше коштів виділяє на закупку та поставку палива для системи теплопостачання – 78 % від усіх енергоресурсів. За електроенергію – 20 %, а за послуги водопостачання – 2 %. Особливу увагу приділяємо системі теплопостачання, оскільки саме тут ми можемо зекономити найбільшу кількість грошей, якщо проведемо ряд заходів по модернізації системи.

## 2. ІНЖИНІРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ СЗШ №121

### 2.1 Дослідження огорожувальних конструкцій будівлі

#### 2.1.1 Аналіз сучасного стану

##### *Зовнішні стіни.*

Під час повторного аудиту школи було встановлено, що ніяких заходів щодо утеплення стін не було прийнято. Відомо, що корпус 1 (1935 р.) та корпус 2 (1956 р.) мають різну товщину. Стіна складається з трьох шарів: декоративна та внутрішня штукатурка та силікатна цегла, більш докладніше в таблицях 2.1 – 2.2.

Таблиця 2.1 – Структура зовнішніх стін корпусу 1

<i>Ізоляційний шар</i>	<i><math>\lambda_i, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})</math></i>	<i><math>\delta_i, \text{м}</math></i>
Декоративна штукатурка	0,78	0,015
Силікатна цегла на цементно піщаному розчині	0,67	0,8
Внутрішня штукатурка	0,78	0,015

Згідно з первинним аудитом закладу термічний опір зовнішніх стін становить  $2,16 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

Таблиця 2.2 – Структура зовнішніх стін корпусу 2

<i>Ізоляційний шар</i>	<i><math>\lambda_i, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})</math></i>	<i><math>\delta_i, \text{м}</math></i>
Декоративна штукатурка	0,78	0,015
Силікатна цегла на цементно піщаному розчині	0,67	0,6
Внутрішня штукатурка	0,78	0,015

Згідно з первинним аудитом закладу термічний опір зовнішніх стін становить  $1,87 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

За сучасними нормативними нормами необхідний термічний опір будівлі має становити  $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , а за рахунок сучасного стану маємо, згідно з результатами первинного аудиту втрати теплоти 38 кВт.

В таблицях 2.3-2.4 приведені площі стін за сторонами світу.

Таблиця 2.3 – Площа стін корпусу 1 за сторонами світу

Орієнтація стіни	Площа стіни, $\text{м}^2$
Північна орієнтація	306,9
Південна орієнтація	273,6
Західна орієнтація	155,7
Східна орієнтація	84

Таблиця 2.4 – Площа стін корпусу 2 за сторонами світу

Орієнтація стіни	Площа стіни, $\text{м}^2$
Північна орієнтація	239,4
Південна орієнтація	185,9
Західна орієнтація	173
Східна орієнтація	246,4

#### *Дах.*

Первинний аудит закладу показав, що дах є найпроблемнішою конструкцією будівлі. Восени 2019 р. в школі почався капітальний ремонт даху, але до початку опалювального сезону встигли виконати ремонт тільки половини даху, а інша половина даху залишилася в незадовільному стані, на рисунку 2.1 можна спостерігати поточний стан системи.



Рисунок 2.1 – Поточний стан даху СЗШ №121

За рахунок незадовільного стану конструкції, виникають тепловтрати через дах і на даний момент згідно з первинним аудитом будівлі становлять 92,1 кВт.

Дах школи складається лише з двох шарів: залізобетонна плита та цементно-піщана стяжка, докладніше в таблиці 2.3.

Таблиця 2.5 – Структура даху школи

<i>Ізоляційний шар</i>	<i><math>\lambda_p, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})</math></i>	<i><math>\delta_p, \text{м}</math></i>
Залізобетонна плита	0,8	0,25
Цементно-піщана стяжка	0,7	0,03

Термічний опір конструкції в результаті становить лише 0,51  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , а згідно будівних норм має становити 4,95  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

### Вікна.

Аналіз енергетичних систем під час первинного аудиту показав, що всі вікна в школі було замінено протягом 2013-2016 рр. На рисунку 2.2 поточний стан вікон закладу.



Рисунок 2.2 – Поточний стан вікон СЗШ №121

Вікна металопластикові, зі склопакетами типу 4М1-6-4М1-6-4М1, площа одного вікна становить  $2,775 \text{ м}^2$ , мають опір теплопередачі  $0,47 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ , а згідно будівельних норм мають складати  $0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .

Зведемо у таблицю 2.4 площу світлопрозорих конструкцій за сторонами світу.

Таблиця 2.6 – Площа вікон за сторонами світу, видом та термічним опором

Сторона світу	Тип вікна	Загальна площа, $\text{м}^2$	Термічний опір
ПН	4М1-6-4М1-6-4М1	169,3	0,47
ПД	4М1-6-4М1-6-4М1	166,5	0,47
ЗХ	4М1-6-4М1-6-4М1	91,6	0,47
СХ	4М1-6-4М1-6-4М1	72,2	0,47

### 2.1.2 Аналіз поточного технічного стану

Для аналізу поточного стану будівлі провели розрахунок будівлі за [16]. Результати аналізу та розрахунків будуть приведені у табличному вигляді.

#### Теплопередача трансмісією.

У таблиці 2.7 наведено розрахований коефіцієнт теплопередачі трансмісією.

Таблиця 2.7 – Коефіцієнт теплопередачі трансмісією

Конструкції	A <sub>i</sub>	U=1/R <sub>qmin</sub>	b <sub>trxH</sub>	b <sub>trxC</sub>	H <sub>tr</sub>
Зовнішні стіни	1987	0,463	1	1	919,91
Світлопрозорі конструкції	500	2,13	1	1	1063,83
Вхідні двері	2,6	2	1	1	5,2
Перекриття над неопалювальним підвалом	1119	0,2	1	1	223,8
Суміщене покриття	1119	1,96	1	1	2194,118
<b>ВСЬОГО</b>					<b>4406,855</b>

Значення за якими розраховано коефіцієнт теплопередачі трансмісією:

A<sub>i</sub> – площа конструкції, м<sup>2</sup>;

U – приведений коефіцієнт теплопередачі оболонки будівлі, що становить U=1/R<sub>qmin</sub>, Вт/(м<sup>2</sup> К);

b<sub>trxH</sub>, b<sub>trxC</sub> – поправочні коефіцієнти;

H<sub>tr</sub> – коефіцієнт теплопередачі трансмісією, Вт/К.

Розрахувавши коефіцієнт теплопередачі розрахуємо сумарну теплопередачу трансмісією:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int,setH} - \theta_e) \cdot t, [kBm \cdot god]$$

де,  $\theta_{int,setH}$  – температура будівлі для опалення, 20°C;

$H_{tr}$  – коефіцієнт теплопередачі трансмісією, Вт/К;

$\theta_e$  – середньомісячна температура оточуючого середовища, °С;

$t$  – кількість годин у місяці, год;

$Q_{tr}$  – теплопередача трансмісією

В таблиці 2.8 наведено розрахунки сумарної теплопередачі трансмісією для опалення та охолодження.

Таблиця 2.8 – Сумарна теплопередача трансмісією

Місяць року	$\theta, ^\circ\text{C}$	$t, \text{год}$	$H_{tr}$	$Q_{trH}$	$Q_{trC}$
Січень	-2,4	744	3278700	73442,88	93115,08
Лютий	-3,9	672	2961406	70777,61	88546,05
Березень	-2,1	744	3278700	72459,27	92131,47
Квітень	13,1	720	3172935	21893,25	40930,87
Травень	18,4	744	3278700	5245,92	24918,12
Червень	20,3	720	3172935	-951,881	18085,73
Липень	21,1	744	3278700	-3606,57	16065,63
Серпень	21,9	744	3278700	-6229,53	13442,67
Вересень	16,3	720	3172935	11739,86	30777,47
Жовтень	9,6	744	3278700	34098,48	53770,68
Листопад	0,1	720	3172935	63141,42	82179,03
Грудень	-1,9	744	3278700	71803,53	91475,73
<b>ВСЬОГО</b>				<b>413814,2</b>	<b>645438,54</b>

### Теплопередача вентиляцією.

Спочатку визначили узагальнений коефіцієнт теплопередачі вентиляцією:

$$H_{ve,adj} = \rho_a \cdot c_a \cdot \left( \sum_k b_{ve,k} \cdot q_{ve,k,mn} \right), [Bm / K],$$

де  $\rho_a \cdot c_a$  – теплоємність повітря одиниці об'єму, дорівнює 0,33 Вт·год/(м<sup>3</sup>·К);

$q_{ve,k,mn}$  – усереднена за часом витрата повітря від  $k$ -го елемента, м<sup>3</sup>/год;

$b_{ve,k}$  – температурний поправочний коефіцієнт



$$q_{ve,inf,mn} = n_{inf,mn} \cdot V, [\text{м}^3/\text{год}]$$

де  $n_{inf,mn}$  – кратність повітрообміну за рахунок інфільтрації, враховуючи вплив механічної вентиляції,  $\text{год}^{-1}$ ;

$V$  – кондиціонований об'єм зони/будівлі,  $12000 \text{ м}^3$ ;

У таблиці 2.9 наведено результати розрахунку сумарної теплопередачі вентиляцією.

Таблиця 2.9 – Сумарна теплопередача вентиляцією

Місяць року	$\theta, ^\circ\text{C}$	$t, \text{год}$	$H_{ve}$	$Q_{veH}$	$Q_{veC}$
Січень	-2,4	744	2946240	65995,78	83673,22
Лютий	-3,9	672	2661120	63600,77	79567,49
Березень	-2,1	744	2946240	65111,9	82789,34
Квітень	13,1	720	2851200	19673,28	36780,48
Травень	18,4	744	2946240	4713,984	22391,42
Червень	20,3	720	2851200	-855,36	16251,84
Липень	21,1	744	2946240	-3240,86	14436,58
Серпень	21,9	744	2946240	-5597,86	12079,58
Вересень	16,3	720	2851200	10549,44	27656,64
Жовтень	9,6	744	2946240	30640,9	48318,34
Листопад	0,1	720	2851200	56738,88	73846,08
Грудень	-1,9	744	2946240	64522,66	82200,10
<b>ВСЬОГО</b>				<b>371853,5</b>	<b>579991,10</b>

### Загальні тепловтрати.

Провели розрахунок сумарних тепловитрат, що складаються з теплопередачі трансмісією і вентиляцією.

$$Q_{ht} = Q_{tr} + Q_{ve}, [\text{кВт} \cdot \text{год}].$$

У таблицю 2.10 звели результат розрахунку тепловтрат.

Таблиця 2.10 – Сумарні тепловтрати

Місяць	Qtr	Qve	Qht
Січень	73442,88	65995,78	139438,7
Лютий	70777,61	63600,77	134378,4
Березень	72459,27	65111,9	137571,2
Квітень	21893,25	19673,28	41566,53
Травень	5245,92	4713,984	9959,904
Червень	-951,881	-855,36	-1807,24
Липень	-3606,57	-3240,86	-6847,43
Серпень	-6229,53	-5597,86	-11827,4
Вересень	11739,86	10549,44	22289,3
Жовтень	34098,48	30640,9	64739,38
Листопад	63141,42	56738,88	119880,3
Грудень	71803,53	64522,66	136326,2
<b>ВСЬОГО</b>			<b>785667,8</b>

**Внутрішні теплонадходження.**

Внутрішніх теплонадходжень в СЗШ №121 є декілька груп:

- метаболічні надходження від учителів та учнів, що займаються розумовою діяльністю;
- надходження від системи освітлення школи;
- надходження поглинуті або розсіяні системою ГВП, опалення, вентиляції та охолодження.
- надходження від сонячних променів через світлопрозорі конструкції.

Результати розрахунку внутрішніх теплонадходжень наведено у таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Внутрішні теплонадходження

Місяць	t,год	$\Phi_{int}$	$Q_{int}$
Січень	744	13,33	36704
Лютий	672	13,33	33152
Березень	744	13,33	36704
Квітень	720	13,33	35520
Травень	744	13,33	36704
Червень	720	13,33	35520
Липень	744	13,33	36704
Серпень	744	13,33	36704
Вересень	720	13,33	35520
Жовтень	744	13,33	36704
Листопад	720	13,33	35520
Грудень	744	13,33	36704
<b>ВСЬОГО</b>			<b>432160</b>

У таблиці 2.11:  $\Phi_{int,k}$  – це усереднений за часом тепловий потік від k-го джерела;  $Q_{int}$  – це сумарні теплові надходження в будівлі.

### Сонячні теплонадходження.

У таблиці 2.12 зазначені вихідні данні для розрахунку сонячних теплонадходжень у вигляді відомої для Києва сонячної радіації, значення сонячної освітленості.

Таблиця 2.12 – Сонячна освітленість для м. Києва

Місто	Київ											
місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
північ	13	24	35	39	56	67	61	40	29	19	11	9
схід	21	36	58	77	104	111	108	93	70	38	17	14
південь	50	70	90	92	101	96	98	106	102	75	39	35
захід	22	38	61	73	99	105	104	89	66	37	17	15

У таблиці 2.13 наведено результат розрахунку сонячних тепло надходжень.

Таблиця 2.13 – Сонячні теплонадходження

	Пн		Пд		Зх		Сх		ΣΦsol
Місяць	Isol	Φsol	Isol	Φsol	Isol	Φsol	Isol	Φsol	
Січень	13	1485,61	50	5619,38	22	1360,26	21	1023,44	9488,68
Лютий	24	2742,66	70	7867,13	38	2349,54	36	1754,46	14713,79
Березень	35	3999,71	90	10114,88	61	3771,63	58	2826,63	20712,85
Квітень	39	4456,82	92	10339,65	73	4513,59	77	3752,60	23062,66
Травень	56	6399,54	101	11351,14	99	6121,17	104	5068,44	28940,29
Червень	67	7656,59	96	10789,20	105	6492,15	111	5409,59	30347,53
Липень	61	6970,93	98	11013,98	104	6430,32	108	5263,38	29678,60
Серпень	40	4571,10	106	11913,08	89	5502,87	93	4532,36	26519,40
Вересень	29	3314,05	102	11463,53	66	4080,78	70	3411,45	22269,80
Жовтень	19	2171,27	75	8429,06	37	2287,71	38	1851,93	14739,98
Листопад	11	1257,05	39	4383,11	17	1051,11	17	828,50	7519,77
Грудень	9	1028,50	35	3933,56	15	927,45	14	682,29	227993,33

У таблиці 2.13  $\Phi_{sol} = Q_{sol}$  – сумарні теплонадходження до будівлі

### Сумарні теплонадходження.

У таблицю 2.14 зведемо сумарні теплонадходження, які складаються з внутрішніх та сонячних теплонадходжень:

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol}, [\text{кВт} \cdot \text{год}].$$

Таблиця 2.14 – Сумарні теплонадходження

Місяць	Qint	Qsol	Qgn
Січень	36704	9488,68	46192,68
Лютий	33152	14713,79	47865,79
Березень	36704	20712,85	57416,85
Квітень	35520	23062,66	58582,66
Травень	36704	28940,29	65644,29
Червень	35520	30347,53	65867,53
Липень	36704	29678,60	66382,6
Серпень	36704	26519,40	63223,4
Вересень	35520	22269,80	57789,8
Жовтень	36704	14739,98	51443,98
Листопад	35520	7519,77	43039,77
Грудень	36704	6571,80	43275,8
<b>ВСЬОГО</b>			<b>666725,1</b>

### Розрахунок динамічних параметрів на опалення та охолодження.

У таблиці 2.15 наведено умови знаходження безрозмірного коефіцієнта використання надходжень на опалення, який залежить від інерції будівлі.

Таблиця 2.15 – Умови знаходження коефіцієнта використання надходжень

якщо $\gamma_H > 0$ та $\gamma_H \neq 1$ :	$\eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H+1}},$
якщо $\gamma_H = 1$ :	$\eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H + 1},$
якщо : $\gamma_H < 0$ та $Q_{H,gn} > 0$	$\eta_{H,gn} = 1 / \gamma_H,$
якщо : $\gamma_H \leq 0$ та $Q_{H,gn} \leq 0$	$\eta_{H,gn} = 1$
при:	$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}},$

Позначення в таблиці 2.15:

$\gamma_H$  – безрозмірне співвідношення надходжень і втрат теплоти для режиму опалення;

$Q_{H,ht}$  – сумарна теплопередача для режиму опалення, Вт·год;

$Q_{H,gn}$  – сумарні теплонадходження для режиму опалення, Вт·год;

$a_H$  – безрозмірний числовий параметр, що залежить від часової константи будівлі;

Часова константа зони будівлі  $\tau$ , год, характеризує внутрішню теплову інерцію кондиціонованої зони, як для періоду опалення, так і для періоду охолодження. Її розраховують за формулою:

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj} + H_{ve,extra,adj}},$$

де  $C_m$  – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі, Вт·год /К;

$H_{tr,adj}$  – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією, Вт/К;



Таблиця 2.17 – Динамічні параметри для охолодження

Місяць	$C_m$	$\tau$	$\alpha_H$	$\gamma_H$	$\eta_{Hgn}$	$QH_{nd}$
Січень	296000	40,621	3,7081	0,2613	0,2600	235,76
Лютий	296000	40,621	3,7081	0,2847	0,2828	325,56
Березень	296000	40,621	3,7081	0,3282	0,3247	623,12
Квітень	296000	40,621	3,7081	0,7538	0,6654	6875,20
Травень	296000	40,621	3,7081	1,3875	0,8945	23324,77
Червень	296000	40,621	3,7081	1,9182	0,9552	33069,92
Липень	296000	40,621	3,7081	2,1763	0,9690	36826,94
Серпень	296000	40,621	3,7081	2,4772	0,9791	38235,31
Вересень	296000	40,621	3,7081	0,9890	0,7832	12023,57
Жовтень	296000	40,621	3,7081	0,5039	0,4834	2093,11
Листопад	296000	40,621	3,7081	0,2759	0,2742	263,45
Грудень	296000	40,621	3,7081	0,2492	0,2481	188,20
<b>ВСЬОГО</b>						<b>154084,9</b>

### Розрахунок потреби на ГВП.

Потреби на ГВП визначають з рівняння:

$$Q_{DHW_{need}} = q_{num} \cdot V_{cond} = 10 \cdot 3700 = 37000 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

де  $q_{num}$  – питома річна енергопотреба ГВП;

$V_{cond}$  – кондиціонований об'єм будівлі.

### Визначення класу енергоефективності будівлі.

Знайдемо різницю у % розрахункового або фактичного значення питомої енергопотреби  $EP = 54,1$  від максимально допустимого значення,  $EP_{max}=28$ :

$$\frac{EP - EP_{max}}{EP_{max}} \cdot 100\% = 58\%.$$

За класифікацією будинків за енергетичною ефективністю клас енергоефективності даного будинку F, так як співвідношення потрапляє в інтервал від 50 до 58.

### 2.1.3 Шляхи підвищення енергоефективності огорожувальних конструкцій

В ході аналізу визначили, що огорожувальні конструкції не задовільняють потреби сучасних будівних норм України [2]

Саме через огорожувальні конструкції ми втрачаємо більше всього теплоти, через стіни, тому що вони вже застарілі і давно потребували модернізації, через вікна втрати не значні оскільки вони нові, через дах найбільше, 80% всіх витрат через огорожувальні конструкції. Серед запропонованих заходів є такі: термомодернізація будівлі, впровадження регулювання температурного режиму будівлі, в комплексі ці заходи мають надати суттєвий результат проведемо аналіз:

Згідно з результатами первинного аудиту було запропоновано утеплювати стіни для кожного корпусу різним утеплювачем.

Для перевірки взяли і порівняли утеплення фасаду пінополістеролом та матами із мінвати.

Результати перевірки наведені в таблицях 2.18-2.19.

Таблиця 2.18 – Порівняння утеплювачів для корпусу 1

Показники	Пінополістерол	Мінвата
Ціна за кв.м, грн	112	109
Густина ,кг/кв.м	32	50
$\lambda_i$ , Вт/(м2 * К)	0,036	0,036
R, м <sup>2</sup> ·К/Вт	3,55	3,55
Монтаж, грн/кв.м	300	330
Матеріали, грн/кв.	190	270
Площа огороження, кв.м	820,2	820,2
Сумарні затрати, грн	493760,4	581521,8
Економія, кВт	2,99	2,99
Економія, грн	20852,58	20852,58
Термін окупності, рік	24	28



Таблиця 2.19 – Порівняння утеплювачів для корпусу 2

Показники	Пінополістерол	Мінвата
Ціна за кв.м, грн	112	109
Густина ,кг/кв.м	32	50
$\lambda_i$ , Вт/(м <sup>2</sup> * К)	0,036	0,036
R, м <sup>2</sup> ·К/Вт	3,3	3,3
Монтаж, грн/кв.м	300	330
Матеріали, грн/кв.	190	270
Площа огороження, кв.м	844,7	844,7
Сумарні затрати, грн	508509,4	598892,3
Економія, кВт	3,93	3,93
Економія, грн	27453,03	27453,03
Термін окупності, рік	19	22

Згідно до розрахунків обох утеплювачів більш доцільно використовувати пінополістерольні плити, оскільки вони швидше окуповуються.

Структура модернізованих зовнішніх стін наведена у таблицях 2.20-2.21.

Таблиця 2.20 – Структура зовнішніх стін корпусу 1 після модернізації

Ізоляційний шар	$\lambda_i$ , Вт/(м <sup>2</sup> * К)	$\delta_i$ , м
Декоративна штукатурка	0,78	0,015
Пінополістерольна плита	0,036	0,05
Силікатна цегла на цементно піщаному розчині	0,67	0,8
Внутрішня штукатурка	0,78	0,015

Таблиця 2.21 – Структура зовнішніх стін корпусу 1 після модернізації

Ізоляційний шар	$\lambda_i$ , Вт/(м <sup>2</sup> * К)	$\delta_i$ , м
Декоративна штукатурка	0,78	0,015
Пінополістерольна плита	0,036	0,05
Силікатна цегла на цементно піщаному розчині	0,67	0,6
Внутрішня штукатурка	0,78	0,015

Перед перевіркою проаналізуємо витрати для виконання робіт по утепленню даху, таблиця 2.22.

Таблиця 2.22 – Підбір утеплювача для даху школи

Показники	Базальтова плита
Ціна за кв.м, грн	550
Густина ,кг/кв.м	150
$\lambda_i$ , Вт/(м <sup>2</sup> * К)	0,044
R, м <sup>2</sup> ·К/Вт	5,16
Монтаж, грн/кв.м	320
Матеріали, грн/кв.	250
Площа огороження, кв.м	1120
Сумарні затрати, грн	1254400
Економія, кВт	39,78
Економія, грн	277561,00
Термін окупності, рік	5

Результат термомодернізації даху зведено в таблицю 2.23.

Таблиця 2.23 – Структура даху школи після модернізації

Ізоляційний шар	$\lambda_i$ , Вт/(м <sup>2</sup> * К)	$\delta_i$ , м
Залізобетонна плита	0,8	0,25
Цементно-піщана стяжка	0,7	0,03
Базальтові плити	0,044	0,15
Цементно-вапняна стяжка	0,4	0,04

Щоб підвищити енергоефективність будівлі необхідно ввести систему контролю температурного режиму в школі. Запропонували ввести режим за якого під час навчання з понеділка по п'ятницю температура повітря в школі

буде триматись на рівні 20°C, а вночі та на вихідних – 16°C, що допоможе нам суттєво економити теплову енергію.

## 2.2 Дослідження джерел теплопостачання

### 2.2.1 Аналіз сучасного стану

В результаті енергоаудиту навчального закладу було визначено джерела теплопостачання будівлі. На сьогодні єдиним джерелом вироблення теплової енергії для опалення будівлі та ГВП є вугілля марки АКО. На сьогодні згідно норм України [3] не можна використовувати тверде паливо у вигляді вугілля у межах міста, оскільки в процесі горіння вугілля до ОС через трубу потрапляють димові гази, які негативно впливають на екологічну ситуацію району в якому знаходиться навчальний заклад.

В таблиці 2.5 описані основні характеристики вугілля марки АКО

Таблиця 2.24 – Характеристики вугілля марки АКО

Розмірний ряд, мм	25-100
Зола, %	7
Волога, %	5
Сіра, %	1,5 - 2
Леткі речовини, %	4
Нижча теплота згорання, ккал/кг	7170

### 2.2.2 Аналіз поточного технічного стану

У СЗШ №121 вугілля спалюють для вироблення теплової енергії та ГВП для потреб школи. Для того щоб вугілля нормально спалювалася його необхідно привести до максимально можливої подрібненої фракції, щоб вугілля швидко загорілося і почало свою корисну роботу, але варто пам'ятати, що непотрібно закидати в топку вугілля надзвичайно дрібних фракцій, оскільки вугілля провалюється через колосникові решітки і система з часом стає працювати з меншою ефективністю і це може призвести до небезпечних наслідків, тому при роботі з вугіллям треба слідкувати щоб система не забруднювалась інакше може й статися вибух.

За останні роки у школі втрачалось від 170 до 190 т вугілля марки АКО. На рисунку 2.3 зображена загальна тенденція споживання вугілля в період 2016-2018 рр.

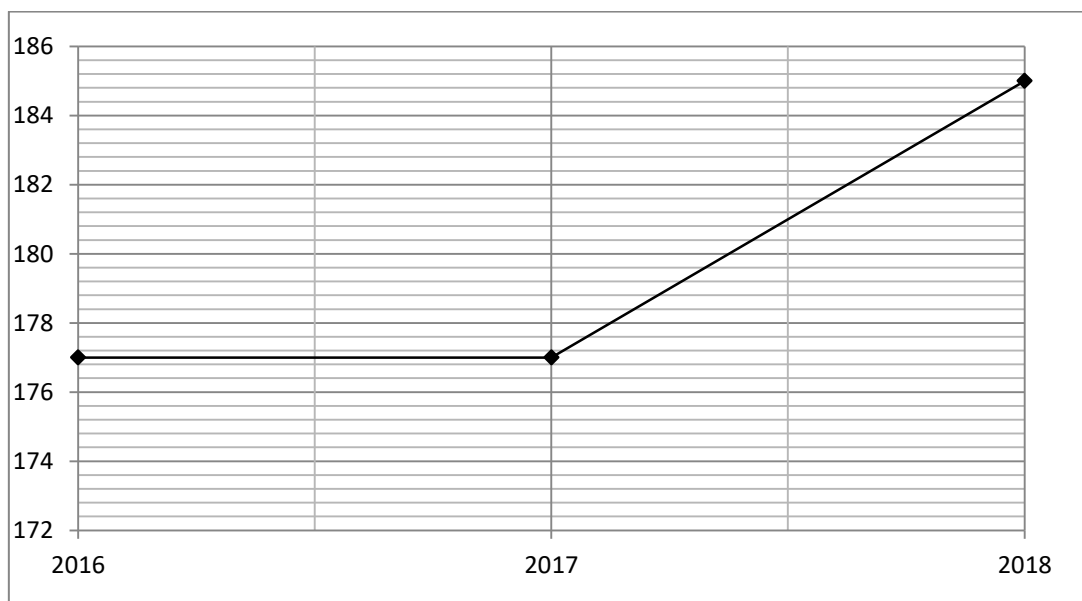


Рисунок 2.3 – Споживання вугілля на потреби школи

Проаналізувавши графік витрати вугілля видно, що загальна тенденція зростаюча, тобто система в кожному наступному році працює менш ефективно. Під час проведення енергоаудиту було помічено, що не завжди

контролювався і підтримувався температурний режим, а вугілля цей час споживалося, причиною є те, що відбулися суттєві порушення правил зберігання вугілля перед спалюванням. Вугілля перед подачею у топку має проходити попередню підготовку, тобто проходити процес сушки, що в СЗШ №121 не відбувається. Вугілля зберігається на задньому дворі школи під відкритим небом в опалювальний період клімат на півночі України надзвичайно вологий, а також випадає багато опадів у вигляді дощу та снігу, вугілля набирається вологою і в такому ж стані подається у топку котлів, тому використання даного ресурсу є нераціональним, при правильному спалюванні вугілля витрата могла скоротитися до 105 т/рік, тобто маємо перевитрату вугілля.

Шляхи підвищення ефективності джерел теплопостачання розглянуто у розділі 3.

## **2.3 Дослідження системи опалення**

### **2.3.1 Аналіз сучасного стану**

Система опалення СЗШ №121, однотрубна має незалежне підключення відносно теплових мереж. Школа має автономну котельню, що працює сезон із двома водогрійними котлоагрегатами НІСТУ-5, для отримання теплової енергії для опалення та ГВП, в яких спалюють вугілля АКО .

Технічні характеристики вугілля марки АКО наведено на рисунку 2.4 з інтернет сайту виробника.

ПОКАЗАТЕЛЬ	НИИСТУ-5 (0,465 Гкал)	НИИСТУ-5 (0,28 Гкал)
ТЕПЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, МВт	0,54	0,325
ТЕМПЕРАТУРА ВОДЫ, °С		
на входе	70	70
на выходе	115	115
РАСХОД ВОДЫ, м <sup>3</sup> /ч	25,0	11,2
РАБОЧЕЕ ДАВЛЕНИЕ ВОДЫ, МПа	0,6	0,6
РАСЧЕТНОЕ ТОПЛИВО	уголь	уголь
РАСХОД ТОПЛИВА, кг/ч	123,0	79,0
КПД, %	72	72
ЗАВОДСКАЯ МАССА ПОСТАВКИ, т	2,3	1,15
ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ КОТЛА в обмуровке, мм		
длина	3780	3000
ширина	2200	2150
высота	2820	2400
ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ трубной системы, мм		
длина	3370	2460
ширина	1430	1430
высота	2020	1530
ПОВЕРХНОСТЬ НАГРЕВА, м <sup>2</sup>	46,5	19,6
ОБЪЕМ КОТЛА, м <sup>3</sup>	0,418	0,26
СРОК СЛУЖБЫ ДО СПИСАНИЯ	10 лет	10 лет

Рисунок 2.4 – Характеристики котла НИИСТУ – 5 (подано мовою оригіналу)

На рисунку 2.5 представлений загальний вигляд поверхонь нагріву котлоагрегату який використовується у навчальному закладі.



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд котлоагрегату НИИСТУ-5

Для опалення школа використовує чавунні секційні радіатори с терморегуляторами їх переважна більшість в школі 174 шт. Радіатори достатньо старі система зношена і працює декілька років без модернізації чи капітального ремонту.



Рисунок 2.6 – Чавунні секційні радіатори

Внаслідок капітального ремонту спортивної зали школи, для опалення даного приміщення були встановленні більш сучасні алюмінієві радіатори з терморегуляторами їх встановлено лише 12 шт.



Рисунок 2.7 – Алюмінієві радіатори

Трубна система навчального закладу спроектована з верхньою прокладкою трубопроводу. На даху є два баки розширювача, один з яких не експлуатується, а інший знаходиться в технічно незадовільному стані.



Рисунок 2.8 – Баки розширювачі

## **2.4 Дослідження системи вентиляції**

### **2.4.1 Поточний стан системи**

Первинний енергоаудит показав, що система вентиляції у школі є природньою, здійснюється за рахунок провітрювання приміщення шляхом відкриття вікон.

У харчоблоці школи, присутня витяжна вентиляція, але вона не включається, при тому, що кухня активно працює і нажалі в коридорах з якими межує їдальня стоїть запах їжі, що суперечить нормальним умовам праці людини. Тому необхідно запустити вентиляцію на кухні, щоб забезпечити комфортні умови для тих хто навчається та працює.



## **2.4.2 Шляхи підвищення ефективності системи вентиляції**

Для того щоб система вентиляції працювала надійно та ефективно необхідно встановити рекуператор в систему.

Повна теплова потужність на вентиляцію складає 1,1 кВт. Попередній аналіз показав, що систему вентиляції необхідно регулювати, тому розрахуємо споживання теплової енергії для вентиляції за середньорічною температурою для міста Києва.

Ми обрали для цього побутовий рекуператор Prana 150 з витяжкою повітря 115 м<sup>3</sup>/год, вартість такого рекуператора становить 5950 грн. Ціна монтажу 15% від вартості.

Розрахунок вели відносно постійної роботи системи вентиляції та ввели графік підключення системи вентиляції, який збіжний з графіком роботи в школі, вентиляція будівлі працюватиме 5 днів по 10 годин, за такого режиму на вентиляцію буде витрачатися лише 0,59 Гкал/рік теплоти, якщо не вводити графік, то при цілодобовому функціонуванні на вентиляцію витрачається 1,98 Гкал/рік теплоти. Вартість підключення вентиляції 12 тис. грн. Термін окупності даного заходу становить 8,5 років.

## **2.5 Дослідження системи водопостачання та водовідведення**

### **2.5.1 Аналіз сучасного стану системи водопостачання**

Школа централізовано отримує холодну воду, постачання гарячої води відсутнє, школа виробляє гарячу воду самостійно.

Під час дослідження системи було визначено, що школа веде облік витрати води пп.1.2.2.

Для скорочення витрати води використовуються аератори.

## 2.6 Дослідження системи електропостачання

### 2.6.1 Аналіз сучасного стану постачання електричної енергії

СЗШ №121, яка знаходиться за адресою м.Київ вул. Каменярів, 35 отримує живлення від трансформаторної підстанції ТП-449, через КЛ ААБ-3х70+1х35, що прокладені по землі. ТП-449 виконана транзитно з двома трансформаторами марки ТМ-320/10 потужністю 320 кВА та напругою 10/0,4; 0,23 кВ.

В трансформаторній підстанції ТП-449 використовується трансформатор масляний, двообмотковий ТМ-320/10 з такими технічними характеристиками:

- $S_{ном} = 320 \text{ кВА};$
- $U_{ном} = 10; 0,4; 0,23 \text{ кВ};$
- $U_{кз} = 5,5 \text{ \%};$
- $\Delta P_{кз} = 6,2 \text{ кВт};$
- $\Delta P_{хх} = 0,91 \text{ кВт};$
- $I_x = 0,5 \text{ \%};$
- $R = 6,05 \text{ Ом};$
- $X = 16,1 \text{ Ом};$
- $\Delta Q_{хх} = 2,24 \text{ квар}.$

ТП-449 функціонує починаючи з 1980-х років, тому підстанція має знаходитись на постійному контролі у «Київенерго», тому що технічний стан може не відповідати прийнятим нормам [2]. Необхідно провести роботу по модернізації допоміжного обладнання та трансформаторів, оскільки воно може бути не досить надійним при експлуатації підстанції.

ТП-449 має таке допоміжне обладнання:

- роз'єднувач триполюсний – РВ-10/400 (з напругою 10 кВ та силою струму 400 А), з ручним приводом ПР-2;
- вимикач навантаження – ВН-16, з ручним приводом ПР-16

- силові запобіжники для внутрішньої установки – ПК-10/50 (з напругою 10 кВ та силою струму 50 А);
- силові запобіжники ПР-I на 500 А.

В приміщенні школи на другому поверсі влаштований освітлювально-силовий щит, до якого прокладені освітлююча та силова магістралі. Освітлююча магістраль підведена до ввідного рубильника, а силова – до силового рубильника головного щита.

На кожному поверсі встановлені щити освітлення з пакетними вимикачами та запобіжниками, для місцевого освітлення встановлені однофазні трансформатори понижаючі ОСО-220/10, а також щит, який влаштований у котельній школи для управління циркуляційними насосами.

За даними первинного енергоаудиту школи освітлювально-силовий щит було модернізовано у 2017 році, тому його технічний стан вважається задовільним згідно з [2]. Електропровід, що використовується для внутрішнього електропостачання знаходиться у задовільному стані, також був замінений у 2017 році.

СЗШ №121 споживає активну та реактивну електричну енергію, активна фаза споживання електричної енергії традиційно припадає з вересня по травень місяць, так як школа запускає роботу їдальні та за рахунок опалювального сезону.

Згідно даних від Київенерго які показані на таблиці 2.1, можемо спостерігати як саме школа споживає активну та реактивну енергію за 2016-2018 роки.

Таблиця 2.25 – Споживання активної та реактивної енергії

Місяць	2016		2017		2018	
	кВт*год	квар	кВт*год	квар	кВт*год	квар
Січень	11310	9048	9670	7736	11010	8376
Лютий	10500	8400	11780	9424	12390	10344
Березень	9520	7616	9130	7304	7270	5816
Квітень	8190	6552	7570	6056	7620	6096
Травень	5200	4160	4520	3616	5890	4712

Продовження таблиці 2.25

Червень	3190	2552	3830	3064	3180	2544
Липень	1850	1480	1840	1472	2390	1912
Серпень	2260	1808	2350	1880	1393	1115
Вересень	2950	2360	3490	2792	2494	1995
Жовтень	6630	5304	6540	5232	4729	3783
Листопад	9580	7664	8440	6752	6424	5139
Грудень	10230	8184	10260	8208	8554	6843

В таблиці 2.2 приведено скільки грошей було сплачено за споживання активної та реактивної енергії.

Таблиця 2.26 – Сплата за споживання активної та реактивної енергії

Місяць	2016		2017		2018	
	активна	реактивна	активна	реактивна	активна	реактивна
	грн		грн		грн	
Січень	17929	660	17406	618,88	21579,6	778,968
Лютий	16645	630	21204	753,92	24284,4	961,992
Березень	15847	588	16434	584,32	14249,2	540,888
Квітень	13770	511	13626	484,48	14935,2	566,928
Травень	8642	325	8136	289,28	11544,4	438,216
Червень	5475	209	6894	245,12	6232,8	236,592
Липень	3334	127	3312	117,76	4684,4	177,816
Серпень	4073	156	4230	150,4	2730,28	103,695
Вересень	5317	205	6282	223,36	4888,24	185,535
Жовтень	12099	454	11772	418,56	9268,84	351,819
Листопад	17483	658	15192	540,16	12591,04	477,927
Грудень	18669	700	18468	656,64	16765,84	636,399

На рисунках 2.9 та 2.10 приведено графіки споживання активної та реактивної енергії.

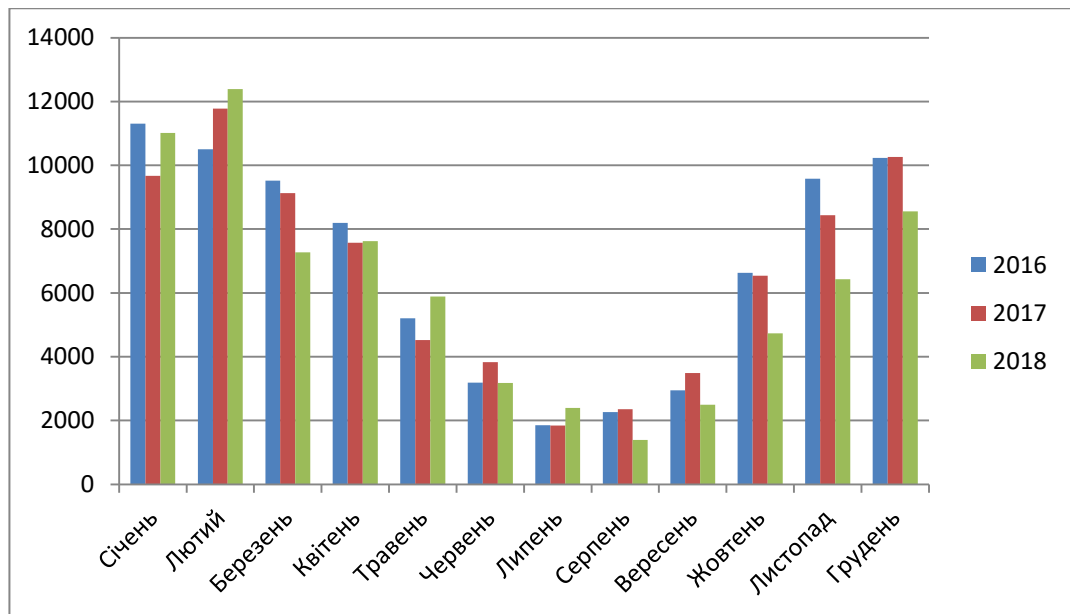


Рисунок 2.9 – Споживання активної енергії в 2016-2018 рр.

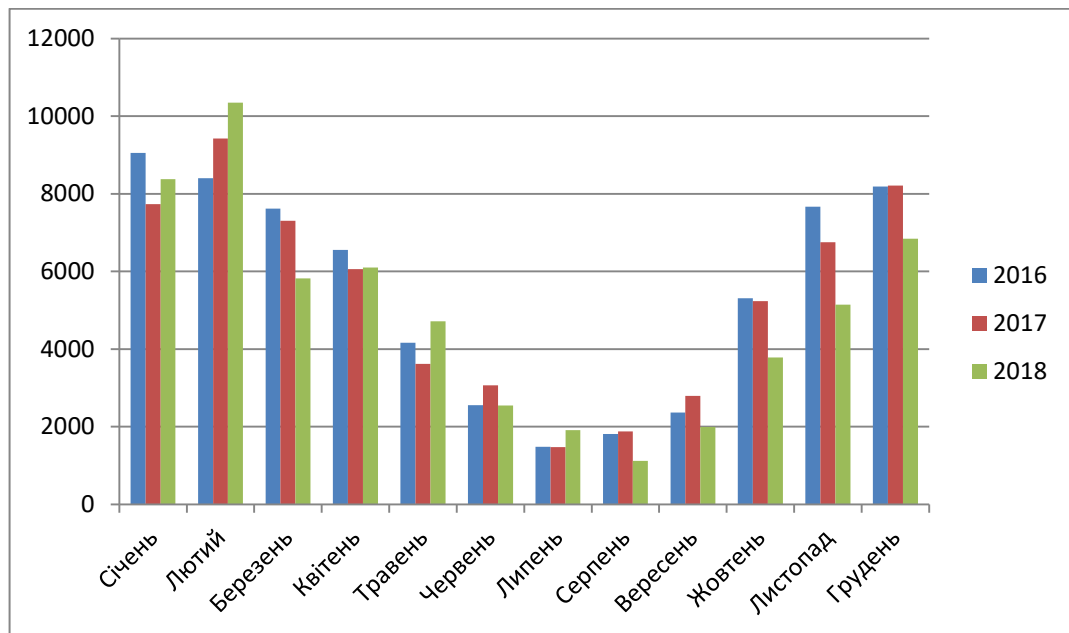


Рисунок 2.10 – Споживання реактивної енергії в 2016-2018 рр.

Облік електричної енергії проводиться за допомогою двох лічильників, що знаходяться у освітлювально-силовому щиті. Облік електроенергії в СЗШ №121 ведеться лічильниками НІК 2301 АТ, який веде облік котельні та їдальні та НІК 2301 АП-3 , який веде облік решти школи, показані на рисунку 2.11 .



Рисунок 2.11 – Лічильники електричної енергії в СЗШ №121

Згідно [4] лічильники НІК 2301 АТ та НІК 2301 АП-3 є лічильниками розрахунковими для комерційного обліку електроенергії. Лічильники є новими, заміна їх відбулася у 2017 році. Лічильники були встановлені та опломбовані згідно з вимогами ПУЕ [5].

### **2.6.2 Аналіз поточного технічного стану системи електропостачання**

В таблицях 2.27 – 2.30 наведено результати дослідження системи електропостачання та суттєвих споживачів електричної енергії. Суттєві споживачі електричної енергії знаходяться у котельні, харчоблоці та майстерні школи.

Данні стосовно коефіцієнтів використання були взяті згідно з [4].

Таблиця 2.27 – Основні споживачі електроенергії харчоблоку

Споживачі харчоблоку	Характеристики			
	марка	кількість	потужність	коефіцієнт використання
Електроплита	ПЕ/4ШН	1	16,8	0,6
Електром'ясорубка	МІМ300	1	1,45	0,6
Холодильник	Атлант ХН4010-100	4	1	0,7
Посудомийка	ESF 63-021	1	1,2	0,7
Водонагрівач	Арістон 80л.	4	1,5	0,6

Таблиця 2.28 – Основні споживачі електроенергії майстерень

Споживачі майстерень	Характеристики			
	марка	кількість	потужність	коефіцієнт використання
Токарний станок	ТВ-4	2	1,5	0,3
Токарний станок	ТВШ-16	1	1,5	0,3
Свердлильний станок		1	1,5	0,2
Фрезерний станок		1	1,35	0,15
Слюсарний станок		1	1	0,15
Точильний станок		1	1,35	0,3

Таблиця 2.29 – Основні споживачі електроенергії

Основні споживачі	Характеристики		
	кількість	потужність	коефіцієнт використання
насос циркуляційний К- 20/30	2	4	0,95
комп'ютери	33	0,5	0,3
музичні установки	2	0,65	0,15
принтери	5	0,4	0,2
кондиціонери	2	1	0,5
електрочайники	8	2	0,7
вентилятори	2	1	0,4
вितяжка	2	0,8	0,15

Таблиця 2.30 – Система освітлення об'єкта

Освітлювальні прилади	Потужність ламп, Вт	Кількість ламп в світильнику, шт	Потужність світильників, Вт	Кількість світильників, шт	Загальна потужність, кВт	Тип управління	Час роботи, год в тиждень	Час роботи, год в місяць	Загальне споживання, кВт·год
R7S/T3 в прожектор	25	1	125	20	3	ручний	25	100	300
ЛБ-30	30	2	200	500	130	ручний	15	60	7800
Electrum G13	18	2	150	45	8,4	ручний	15	60	504
<b>ВСЬОГО</b>									8604

Під час проведення первинного енергоаудиту провели розрахунок навантажень школи, згідно з розрахунком [4] побудували баланси груп суттєвих споживачів, діаграми наведені на рисунках 2.11 – 2.14.

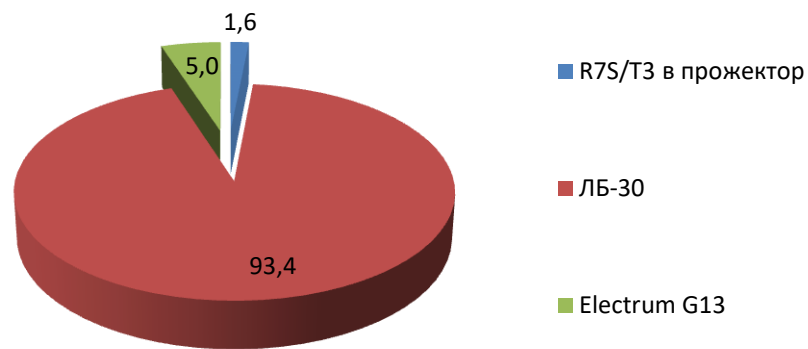


Рисунок 2.11 – Електричний баланс системи освітлення

Можемо спостерігати, що основна доля електроенергії в системі освітлення припадає на освітлення люмінесцентними лампами ЛБ-30, найменше потребують електроенергії прожекторні лампи R7S/T3.



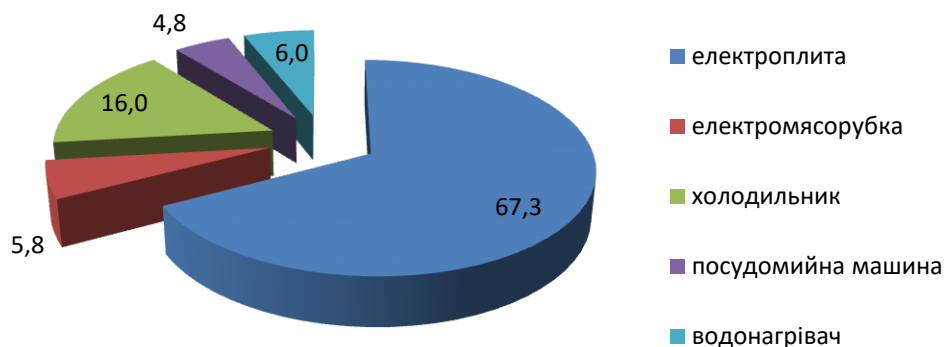


Рисунок 2.12 – Електричний баланс харчоблоку

Із споживачів харчоблоку найбільше електроенергії споживає електрична плита, 67 % від всіх споживачів, але в школі вже відбулася заміна даного обладнання на більш сучасне.

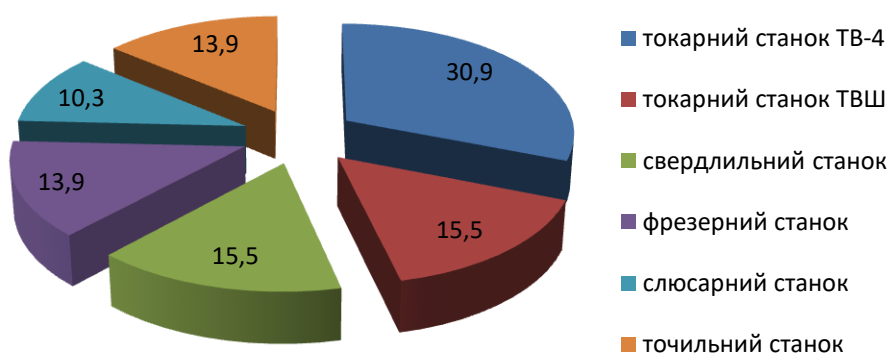


Рисунок 2.13 – Електричний баланс майстерень

Навантаження в майстерній майже рівномірно розподілене між усіма споживачами, найсуттєвіший споживач цієї групи токарний станок ТВ-4.

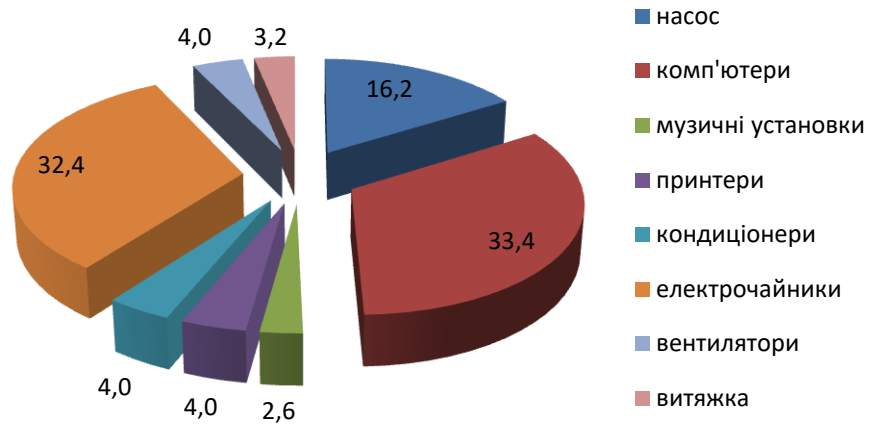


Рисунок 2.14 – Електричний баланс інших суттєвих споживачів

В четвертій групі споживачів найбільше електроенергії споживає офісна техніка та електрочайники, за рахунок кількості, їх використовується багато, але найсуттєвішим все таки є циркуляційні насоси.

### 2.6.3 Шляхи підвищення ефективності використання системи електропостачання для забезпечення електричною енергією

На споживання електричної енергії СЗШ №121 щорічно витрачає близько 50 тис. грн. Тарифи на електроенергію в Україні мають тенденцію зростання, тому необхідно оптимізувати використання СЕП, для цього проаналізували баланси суттєвих груп споживачів і внесли свої пропозиції.

Люмінісцентні лампи ЛБ-30 є найсуттєвішими споживачами електричної енергії, тому було прийнято рішення провести модернізацію системи освітлення школи. Лампи ЛБ-30 пропонуємо замінити сучасними лампами LED Alum T8 9W, порівняльна характеристика яких представлена в таблиці 2.31.

Таблиця 2.31 – Порівняльна характеристика ламп

Тип ламп	Світловіддача, Лм/Вт	Світловий потік, Лм	Термін служби, год
ЛБ-30	45	1350	10000
LED Alum T8 9W	145	1305	40000

При проведенні заходу можемо отримувати економію від усієї системи освітлення до 60%.

Частину освітлення в школі було замінено, а саме у коридорах, актовій залі та в холі були встановленні нові люмінесцентні лампи Electrum G13 у кількості 90 штук. Було запропоновано встановити на ці лампи систему ЕПРА, оскільки на даний момент маємо досить неякісну застарілу ПРА. Головними перевагами ЕПРА є:

- безпечне відключення ламп від живлення в разі їх пошкодження;
- запуск лампи в роботу відбувається без шуму;
- знижується рівень миготіння ламп;

Пропоную встановити ЕПРА OSRAM QT-ECO 2x10 S VS 50 у кількості 45 штук. Економія від використання ЕПРА становить до 20%, люмінесцентні лампи Electrum G13 споживають 504 кВт·год електроенергії, що складає 5% від усього балансу системи освітлення.

Одним із суттєвих споживачів закладу вважаються циркуляційні насоси к20/30 потужністю 4 кВт та напором 30 м. Насоси знаходяться у незадовільному технічному стані так як термін експлуатації обладнання вийшов, тому маємо дуже низький ККД, тому запропоновано встановити нові циркулюючі насоси Aquatica, для забезпечення надійної і безперебійної роботи системи теплопостачання школи. Впровадження цього заходу може призвести до економії використання електричної енергії до 15-18%. В таблиці 2.8 наведена порівняльна характеристика насосів.

Таблиця 2.32 – Порівняльна характеристика насосів

Назва насосу	к20/30	Aquatica
Потужність, кВт	4	1,3
Напір, м	31	28
Подача, м <sup>3</sup> /год	20	18

В школі в 2018 році відбулася заміна електроплит в харчоблоці, але за даними енергобалансів групи споживачів харчоблоку бачимо, що бажаний рівень економії не був досягнутий. Тому запропоновано проаналізувати можливий рівень економії від заходу, який пропонували під час первинного аудиту школи.

Трифазну електричну плиту ПЕ/4ШН з 4 конфорками та з духовою піччю потужністю 16,8 кВт запропоновано замінити на нову індукційну плиту ELECTROLUX ENI 9654 HFK, с потужністю 7,4 кВт з 4 конфорками без духової печі. Розрахунок показав, що могли досягнути 25% економії електричної.

Суттєвим моментом є те, що школа споживає реактивну енергію, а облік споживання ресурсу не проводиться, тому прийнято рішення встановити лічильник реактивної енергії для подальшого моніторингу абсолютно усіх без виключення енергоресурсів закладу. Пропоную встановити лічильник реактивної енергії ЦЕ 6850 М ШЗІ “Енергомера”.

Технічні характеристики:

- бренд – “Енергомера”;
- номінальний струм – 5А;
- максимальний струм – 7,5А;
- номінальна робоча напруга – 380/220В;
- тип лічильника – трифазний;
- інтерфейс – RS-485;
- кількість тарифів – 4;
- клас точності 0,2S/0,5;

Встановлення лічильника реактивної електроенергії дає нам в подальшому розробити систему моніторингу та за даними споживання реактивної енергії дасть нам зрозуміти чи варто встановлювати на об'єкті компенсатори реактивної енергії.

Проведемо аналіз запропонованих заходів та зведемо кожен з них до підсумкової таблиці. В таблиці 2.9 вказані всі заходи з можливими термінами окупності.

Таблиця 2.33 – Проведені заходи з енергозбереження

Захід з енергозбереження	Затрати, грн	Економія, %	Термін окупності, років
Заміна ламп	89000	60	1,9
Встановлення ЕПРА	15750	20	7
Заміна циркулюючих насосів	23606	15-18	2,5
Заміна електроплити	15000	25	1,6
Встановлення лічильника реактивної енергії	20750		

#### **2.6.4 Пропозиції щодо модернізації системи електропостачання об'єкту для реалізації завдань магістерської дисертації**

Основною метою магістерської дисертації є підвищення рівня енергоефективності системи енергопостачання школи шляхом заміни застарілих твердопаливних котлів, які технічно неспроможні задовольняти потреби школи в тепловій енергії та ГВП. Тому прийнято рішення серед можливих розглянутих варіантів джерел теплової енергії, встановити пелетний котел Metal-Fach Sokol SEG 150 з бункером для зберігання пелет, який з'єднано з агрегатом за допомогою шнекового транспортера, потужністю 3 кВт, що дозволяє автоматизувати процес подачі палива у топку.

Проаналізувавши ДБН та ДСТУ стосовно проектування та будівництва нової котельної нам згідно з [6] необхідно отримати необхідні дозволи на проведення монтажу котельні, один із таких документів - це дослідження споруди на можливі впливи на ОС згідно з [7], а згідно [3] в твердопаливних котлах на вугіллі або біопаливі обов'язково має бути встановлена система очистки димових газів, що є продуктами реакції горіння в топці, тому необхідно снарядити котли всім необхідним обладнанням для забезпечення екологічно чистої обстановки в мікрорайоні навколо котельні.

Котли Metal-Fach Sokol SEG 150 оснащені пальниками EсоEnergy, які залежать від споживання електричної енергії.

Також запропоновано оснастити трубу фільтром ЦН-11-300, що споживає невелику кількість енергії, оскільки очистка проходить за рахунок центробіжної сили.

Знайдемо розрахункове навантаження об'єкту у системі електронавантаження. Для цього ми маємо наш об'єкт – школу, яка розрахована 300 місць і працює з електричними плитами.

$$P_L = np_{num.C3III} = 300 \cdot 0,25 = 75 \text{ кВт},$$

$$Q_L = np_{num.C3III} \operatorname{tg} \varphi_{C3III} = 300 \cdot 0,25 \cdot 0,33 = 24,75 \text{ квар}.$$

Ці ж навантаження є навантаженням ТП-449 від якої отримує живлення школа.

Перевіримо існуючу лінію електропередачі 0,4 кВ, через яку відбувається живлення школи. Від ТП-449 прокладена кабельна лінія ААБ 3х70+1х35, довжиною 100 м.

Визначаємо струм і переріз лінії й обираємо кабелі з алюмінієвими жилами за допустимим струмом перевантаження.

Знаходимо розрахункове значення перерізу кабелю і струм:

$$F_K = \frac{\rho \sum P_i L_i}{10 \Delta U_{\text{дон}} U_n^2} = \frac{31,2 \cdot 75 \cdot 0,1}{10 \cdot 5 \cdot 0,38^2} = 32,4 \text{ мм}^2,$$

$$I_K = \frac{\sqrt{P_k^2 + Q_k^2}}{\sqrt{3} U_n} = \frac{\sqrt{75^2 + 24,75^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 120 \text{ А},$$

де  $\rho$  – питомий опір матеріалу, для алюмінію  $\rho = 31,2 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ .

Перевіряємо існуючий кабель, для цього перевіримо умову.

$$\begin{aligned} I_{\text{дон}} K_1 K_2 &> I_{\text{розр}}, \\ 180 \cdot 1 \cdot 0,9 &> 120, \\ 162 \text{ А} &> 120 \text{ А}. \end{aligned}$$

Визначаємо допустимі втрати напруги у лінії до 1кВ:

$$\begin{aligned} \Delta U &< \Delta U_{\text{дон}} < 5\%, \\ \Delta U &= \frac{r_o \cdot P_p \cdot l}{U_H^2 \cdot 10} = \frac{0,443 \cdot 75 \cdot 0,1}{0,38^2 \cdot 10} = 2,3\% < 5\%. \end{aligned}$$

Спостерігаємо, що кабель ААБ 3х70+1х35 прокладений і експлуатується правильно.

Ціна даного кабелю 240 грн/м та 12 грн/м прокладання, 350 грн за підключення до електричної мережі нового споживача. Для нормального функціонування системи необхідно встановити щиток автоматичного управління 5900 грн та ціна фільтра для очистки димових газів 3550 грн. Загальна вартість на прокладання кабелю:

$$K = 100 \cdot 240 + 12 \cdot 100 + 5900 + 350 + 3550 = 35000 \text{ грн.}$$

Вартість підключення шнекового транспортера та фільтра очистки димових газів до пелетного котла становить 35000 грн. Оскільки дозволенна потужність школи 250 кВт, впровадження заходів з енергоефективного використання електроенергії 60,2 кВт, немає потреби заключати новий договір з електропостачальною компанією.

У таблиці 2.10 наведемо порівняння споживачів електричної енергії у котельній СЗШ №121.

Таблиця 2.34 – Споживачі котельної після модернізації системи

<b>Споживачі електроенергії</b>	<b>Стара котельня</b>	<b>Нова котельня</b>
Насоси	+	+
Фільтр очистки димових газів	-	+
Шнек транспортер палива	-	+
Розеточні групи	+	+
Освітлення	+	+
Лямбда зонд котлоагрегата	-	+
Склад для палива	-	+

### Висновки до розділу

У розділі розглянули усі діючі системи школи. Провели первинний аналіз поточного стану огорожувальних споруд, системи теплопостачання, системи вентиляції, системи водопостачання та водовідведення, системи електропостачання. Надалі було запропоновано проведення заходів з енергозбереження. У таблиці наведено відсоток економії енергоресурсів після впровадження заходів та їх термін окупності.

Таблиця 2.35 – Термін окупності впроваджених заходів з енергозбереження

<b>ЗЕЗ</b>	<b>Економія, %</b>	<b>Термін окупності, років</b>
Утеплення корпусу №1	15	24
Утеплення корпусу №2	15	19
Утеплення даху	12	5
Рекуператор в системі вентиляції	8	8,5
Регулювання температури	8	6
Заміна ламп	60	1,9
Встановлення ЕПРА	20	7
Заміна насосів	18	2,5
Заміна електроплит	25	1,6

У розділі був проведений розрахунок будівлі школи за ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель», де було розраховано сумарні



теплонадходження та витрати школи, а також визначено клас енергоефективності при поточному стані енергосистем школи.

У таблицях наведені сумарні тепловтрати будівлі і енергопотреба на опалення до і після термомодернізації.

Таблиця 2.36 – Сумарні тепловтрати до будівлі СЗШ №121

	<b>До модернізації</b>	<b>Після модернізації</b>
<b>Енерговитрата, кВт*год</b>	785667,8	566175,9
<b>Енергопотреба на опалення, кВт*год</b>	458115,10	253857

### **3 АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ КОТЛІВ В СИСТЕМІ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СЗШ №121**

#### **3.1 Нормативна база для проектування котелень**

Головним нормативними джерелами для проектування будь якої нової будівлі є документ ДБН А2.2-3-2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво», який посилається на не менш важливий документ ДБН А2.2-1-2003 «Склад та зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд». На початку нового будівництва ми обов'язково маємо розробити проект для нової будівлі, проаналізувати потенціальне місце розміщення, проаналізувати підводи комунікацій для нормального функціонування, а також важливо щоб наша будівля не наносила шкоди ОС, оскільки екологія основна вимога в сталому розвитку суспільства. Для нас основним документом в нашому завданні, проектуванні нової котельні для СЗШ №121, є ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні».

У СЗШ №121 котельня з твердопаливними котлоагрегатами на вугіллі, розташована у підвальному приміщенні школи, що згідно [3] категорично заборонено. Також відомо, що використовувати вугілля для опалення будівель бюджетної сфери та навчальних закладів в межах міста категорично заборонено, оскільки при горінні вугілля разом з димовими газами, які є продуктом реакції горіння в трубу та ОС у вигляді викидів потрапляють небезпечні сполуки оксидів сіри, які згубно впливають на мікрорайон в якому знаходиться наш навчальний заклад.

Тому маємо на меті модернізувати систему опалення школи шляхом проектування нової котельні з сучасним обладнанням.

### 3.2. Аналіз нового обладнання для системи теплопостачання школи

Аналіз системи джерел теплопостачання та системи опалення показав, що ми маємо зношену застарілу систему номінальний ККД якої складає 72%. Також відомо, що має місце нераціональне використання вугілля, маємо суттєву перевитрату, це означає, що фактичний ККД значно менший номінального, згідно [8] 55%. Також найбільшою проблемою є те, що котельня школи побудована з порушення чинних норм України [3], а саме категорично заборонено будувати автономні котельні з будь-яким видом палива в підвальних приміщеннях школи та використовувати кам'яне вугілля в межах міста, що може негативно впливати на ОС місцевості. Тож підвищити рівень ефективності системи теплопостачання пропонуємо шляхом заміни котлоагрегатів та введення системи регулювання температурного режиму в школі.

Далі розглянемо варіанти переходу на такі джерела енергії як природний газ, електроенергія, деревні пелети, дрова, брикети та розглянемо найефективніші котлоагрегати та їх переваги.

#### *Газові котлоагрегати:*

Проаналізувавши пропозиції та попит на ринку котельного обладнання в Україні було вибрано для дослідження два котлоагрегати. Газовий котел Atem - 3 KS-G-080 та газовий конденсаційний котел Vaillant ecoTEC plus VU OE 806/5-5.

Atem - 3 KS-G-080 – це димохідний, двухконтурний, підлоговий опалювальний газовий котлоагрегат. ККД даного котла становить 92 %. Котел оснащений унікальним турбулізатором, який дозволяє проганяти гарячі гази як можна довше в трубі для того, щоб вони віддавали максимальну кількість тепла. Також газова горілка компанії POLIDORO , яка дозволяє отримати рівномірне розподілення полум'я в топці, за рахунок чого вода нагрівається швидше, інертність котлоагрегата зменшується і отримуємо максимальний показник ККД, а разом з тим зменшуємо витрату

газу. Котлоагрегати мають систему запуску «АТЕМ-СТАРТ», що забезпечує легкий запуск і стабільну роботу котла при неякісному димоході, великих холодах, слабкій тязі, явищі інверсії. Дана система дозволяє тимчасово збільшити температуру вихідних газів (до 200 ° С), завдяки чому, вони легко пробивають "повітряну пробку" і пуск котла проходить без будь-яких проблем.



Рисункок 2.9. Загальний вигляд котла Atem - 3 KS-G-080

Vaillant ecoTEC plus VU OE 806/5-5. – це настінний газовий конденсаційний котлоагрегат великої потужності. ККД котла становить 99%. Котел оснащений модулюючим пальником, діапазон потужностей 20-100%, який дозволяє рівномірно розподіляти температуру в топці, також вбудована комунікаційна шина. Котел має електронний датчик тиску, автоматичний повтровідвіник, конденсаційний теплообмінник із нержавіючої сталі, вентилятор з регульованим числом обертів, пальником попереднього примусовго змішування та має електронне запалювання та можливість

контролю за процесом горіння палива. Котел має універсальну димову трубу, яка дозволяє встановлювати котли каскадом в декілька штук.



Рисунок 2.10. Загальний вигляд каскадного з'єднання котлоагрегатів Vaillant ecoTEC plus VU OE 806/5-5.

До таблиці 2.6 звели невелику порівняльну характеристику запропонованих котлів для системи опалення школи.

Таблиця 2.6. Газові котлоагрегати для шкільної котельні

Котел	Вартість, грн	Кількість, шт	Загальна потужність, кВт	ККД, %
Vaillant ecoTEC plus VU OE 806/5-5	206000	2	160	99
Atem Zhytomyr-3 KS-G-080	100000	2	160	92

Як видно з таблиці 1 конденсаційні газові котли мають значно вищий ККД за рахунок енергії конденсації водяної пари при низьких температурах

оборотної води, яка забирається з відхідних газів і передається теплоносію. Також ці котли мають більшу поверхню теплообміну і тому, навіть при відсутності конденсації водяної пари, більш ефективні ніж звичайні газові котли.

Конденсаційний котел має такі переваги порівняно із газовим:

- робота при низькотемпературних режимах;
- економія витрати палива до 35%;
- скорочення викидів димових газів до 70%;
- низький рівень шуму при роботі обладнання.

Недоліком котла є необхідність відведення конденсату.

*Котли на біопаливі:*

Серед досліджуваних котлоагрегатів на біопаливі, а конкретно пелетах, брикетах чи дровах було виділено такі: Aton TTK 80, Metal-Fach Sokol SEG 150, Marten Comfort MC-80.

Aton TTK 80 – це енергонезалежні чавунні секційні котли, які представляють собою універсальний продукт для районів, де постає складне питання газифікації. Призначені для спалювання твердих видів палива. Котли призначені для теплопостачання індивідуальних будинків і будівель комунально-побутового призначення, обладнаних системами водяного опалення з природною або примусовою циркуляцією, відносяться до розряду опалювальних водогрійних приладів з відкритою камерою згоряння. Котли прості в обслуговуванні, працюють на вугіллі, дровах, брикетах, торфі. Монтаж твердопаливних котлів простий і полягає в підключенні патрубків подаючого і зворотного трубопроводів до системи опалення. Ми розглядаємо котел винятково під брикети або дрова.

Головними перевагами котла є:

- Можливість створення автономної системи опалення в районах, де відсутнє газопостачання;
- Електронезалежність;

- Легкість в обслуговуванні і підключенні, збільшений об'єм топки (в порівнянні з іншими котлами);
- Можливість застосування в закритих і відкритих системах опалення, можна легко переобладнати для роботи на газоподібному і рідкому паливі.



Рисунок 2.11. Загальний вигляд котла Aton ТТК 80

Marten Comfort MC-80 – це твердопаливний котел довгого горіння. Відмінною особливістю котла MC-80 є збільшений теплообмінник. Завдяки цьому котел забезпечує заявлену потужність і має високий ККД.

Містка завантажувальна камера і правильно розподілена подача вторинного повітря через форсунки, дозволяє спалювати паливо зверху вниз і допалювати піролізні гази, що виділяються з деревини, що збільшує час горіння. Це дозволяє котлу працювати на дровах до 12 годин. Також паливом для нього можуть бути: торф'яні брикети, відходи переробки деревини.

Температура димових газів на виході з котла не перевищує 150-180 градусів С. Котел складається з водонаповнених колосників, водяної сорочки і верхнього чотирьох ходового лабіринту, що складається з полиць, наповнених водою. Котел налаштований так, що димові гази рухаються так, що теплоносії встигає максимально увібрати в себе тепло і передати споживачеві.

Для того щоб процес горіння палива в топці проходив максимально ефективно, котел оснащений необхідною автоматикою, контролер управляє роботою циркуляційного насоса і вентилятора, що подає необхідну кількість повітря в топку котла. Після того як паливо згорить повністю електроніка автоматично відключається.



Рисунок 2.12. Загальний вигляд котла Marten Comfort MC-80

Metal-Fach Sokol SEG 150 – це сталевий пелетний котел з автоматичною подачею палива. Котел оснащений топковою камерою для



ручного завантаження та електричним шнеком для автоматичної подачі палива з бункера і сучасною автоматикою FUZZY LOGIC, PID, SONDA LAMBDA для можливості підключення трьох насосів, одного змішувача, погодозалежної автоматики і контролера кімнатної температури. Сталеві твердопаливні котли Meta Fach серії SOKOL SEG BIO з автоматичною подачею палива, призначені для підключення до систем центрального опалення в житлових і адмінбудівлях, а також для виробництва ГВП. Основним видом палива є пелети, але для резерву можна використовувати лише вугілля, але це для нас екологічно недоцільно. Завдяки новітній електроніці SONDA LAMBDA можна економити до 20% палива, підтримувати стабільну температуру теплоносія в системі теплопостачання, а також знижувати кількість викидів в трубу, що робить роботу котла надійною.



Рисунок 2.13. Загальний вигляд котла Metal-Fach Sokol SEG 150

Проаналізувавши всі запропоновані агрегати та види палива до них можемо зробити такі висновки. Найбільш зручні та раціональні в транспортуванні та зберіганні є пелети та брикети. Найбільш стійкими до

вологи є брикети, тому вони схильні до найбільш тривалого зберігання. Подачу пелет на відмінну від дров та брикет можна автоматизувати. Пелети та брикети можна спалювати без попередньої заготовки на відміну від дров. Дрова є найбільш зольним паливом із трьох запропонованих.

Дослідження показало, що найбільш раціональним є використання газових конденсаційних котлів. У таблиці 3 наведено розрахований термін окупності котлів, які працюють на різних видах палива, але без врахування витрат на проекти по встановленню котлів, підведення газу та постачання твердого палива.

В таблиці 2.7 порівняльна характеристика використання твердопаливних котлоагрегатів на біопаливі.

Таблиця 2.7. Твердопаливні котлоагрегати для шкільної котельні

Котел	Вартість, грн	Кількість, шт	Загальна потужність, кВт	ККД, %
Aton TTK 80	50000	2	160	80
Metal-Fach Sokol SEG 150	280000	1	150	90
Marten Comfort MC-80	68000	2	160	85

### **3.3 Техніко-економічний розрахунок системи опалення школи на різних видах палива в середовищі RETScreen**

Для техніко-економічного розрахунку системи тепlopостачання школи обрали програмне середовище RETScreen, модель – аналіз системи опалення. Данна модель дозволяє порахувати необхідну річну кількість палива, яка необхідна системі та затрати на паливо, таким чином розраховується термін окупності.

## Розрахунок твердопаливного котла з використанням брикет

Проект теплоснабжения				
	Базовый случай		Предлагаемый случай	Дополнительные капитальные
Отапливаемая площадь в здании	м²	3 200		
Мероприятия по энергосбережению			45%	\$ 1 100 000
Тепловая нагрузка здания	Вт/м²	92	51	
Базовая потребность в горячей воде для коммунального теплоснабжения	%		0%	
Итоговое потребление тепла	МВт·ч	633	348	
<b>Отопительная система с базовой нагрузкой</b>				
Технология			Система	
Мощность	кВт	294,4	150,0	92,6%
Подводимое тепло	МВт·ч	633,2	346,6	99,5%
Вид топлива		Каменный уголь	Определяемое топливо	
Сезонная эффективность	%	70%	86%	
Потребление топлива - ежегодное	т	100	111 597	кг
Стоимость топлива	UAH/т	4200,000	3,400	UAH/kg
Затраты на топливо	UAH	420 027	379 430	
<b>Отопительная система с пиковой нагрузкой</b>				
Технология				
Предлагаемая мощность	кВт		11,9	
Мощность	кВт		30,0	18,5%
Вид топлива			Электроэнергия	
Сезонная эффективность	%		95%	
Потребление топлива - ежегодное	МВт·ч		2	
Подводимое тепло	МВт·ч		1,7	0,5%
Стоимость топлива	UAH/кВт·ч		2,000	
Затраты на топливо	UAH		3 589	

Рисунок 2.14 – Проект теплозабезпечення СЗШ №121 з використанням брикетів

Финансовый анализ		
<b>Финансовые показатели</b>		
Темп инфляции	%	20,0%
Срок реализации проекта	г.	20
Коэффициент задолженности	%	0%
<b>Первоначальные затраты</b>		
Отопительная система	UAH	1 358 000
Прочее	UAH	0
<b>Общие первоначальные затраты</b>	UAH	1 358 000
<b>Стимулирование и гранты</b>	UAH	0
<b>Ежегодные затраты и выплата заемного капитала</b>		
Затраты на эксплуатацию и обслуживание (сбережения)	UAH	
Цена на топливо - Предлагаемый случай	UAH	383 019
Прочее	UAH	
<b>Итого ежегодные затраты</b>	UAH	383 019
<b>Ежегодная экономия и доход</b>		
Цена на топливо - Базовый случай	UAH	420 027
Прочее	UAH	
<b>Итоговая ежегодная экономия и доход</b>	UAH	420 027
<b>Экономическая целесообразность</b>		
ВНР перед уплатой налогов - активы	%	13,8%
Простой срок окупаемости	г.	36,7
Возврат капитала	г.	10,7

Рисунок 2.15 – Фінансовий аналіз системи теплопостачання з використанням брикетів

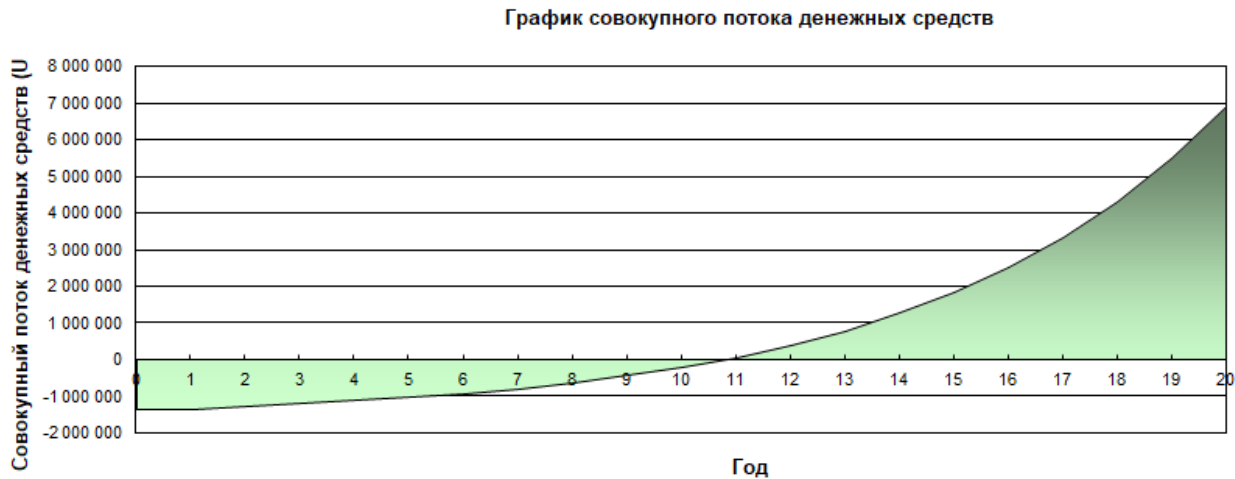


Рисунок 2.16 – Графік потоку фінансових ресурсів затрачених на систему тепlopостачання з використанням брикетів

**Розрахунок твердопаливного котла з використанням пелет**

Проект теплоснабжения			
Отапливаемая площадь в здании Мероприятия по энергосбережению Тепловая нагрузка здания Базовая потребность в горячей воде для коммунального теплоснабжения	Базовый случай		Предлагаемый случай
	м²	3 200	
	Вт/м²	92	
	%		
Итоговое потребление тепла		МВт·ч	633
Отопительная система с базовой нагрузкой			
Технология		Система.	
Мощность	кВт	294,4	150,0
Подводимое тепло	МВт·ч	633,2	346,6
Вид топлива		Каменный уголь	Биомасса
Сезонная эффективность	%	70%	90%
Потребление топлива - ежегодное	т	100	75
Стоимость топлива	UAH/т	4200,000	3200,000
Затраты на топливо	UAH	420 027	240 516
Отопительная система с пиковой нагрузкой			
Технология			
Предлагаемая мощность	кВт	11,9	
Мощность	кВт	30,0	
Вид топлива		Электроэнергия	
Сезонная эффективность	%	95%	
Потребление топлива - ежегодное	МВт·ч	2	
Подводимое тепло	МВт·ч	1,7	
Стоимость топлива	UAH/кВт·ч	2,000	
Затраты на топливо	UAH	3 589	
			Дополнительные капитальные
			UAH 1 100 000
			UAH 280 000
			UAH 158 000

Рисунок 2.17 – Проект теплозабезпечення СЗШ №121 з використанням пелет

# **Финансовый анализ**

## **Финансовые показатели**

Темп инфляции	%	20,0%
Срок реализации проекта	г.	20
Коэффициент задолженности	%	0%

## **Первоначальные затраты**

Отопительная система	UAH	1 538 000
Прочее	UAH	0
<b>Общие первоначальные затраты</b>	<b>UAH</b>	<b>1 538 000</b>

## **Стимулирование и гранты**

UAH	0
-----	---

## **Ежегодные затраты и выплата заемного капитала**

Затраты на эксплуатацию и обслуживание (сбережения)	UAH	
Цена на топливо - Предлагаемый случай	UAH	244 104
Прочее	UAH	
<b>Итого ежегодные затраты</b>	<b>UAH</b>	<b>244 104</b>

## **Ежегодная экономия и доход**

Цена на топливо - Базовый случай	UAH	420 027
Прочее	UAH	
<b>Итоговая ежегодная экономия и доход</b>	<b>UAH</b>	<b>420 027</b>

## **Экономическая целесообразность**

ВНР перед уплатой налогов - активы	%	31,5%
Простой срок окупаемости	г.	8,7
Возврат капитала	г.	4,9

Рисунок 2.18 – Фінансовий аналіз системи теплопостачання з використанням пелет



Рисунок 2.19 – Графік потоку фінансових ресурсів затрачених на систему теплопостачання з використанням пелет

## Розрахунок газового котла з використанням

Проект теплоснабжения				
	Базовый случай		Предлагаемый случай	Дополнительные капитальные
Отопляемая площадь в здании	м²	3 200		
Мероприятия по энергосбережению			45%	UAH 1 100 000
Тепловая нагрузка здания	Вт/м²	92	51	
Базовая потребность в горячей воде для коммунального теплоснабжения	%		0%	
Итоговое потребление тепла	МВт·ч	633	348	
<b>Отопительная система с базовой нагрузкой</b>				
Технология			Система,	
Мощность	кВт	294,4	150,0	92,6%
Подводимое тепло	МВт·ч	633,2	346,6	99,5%
Вид топлива		Каменный уголь	Определяемое топливо	
Сезонная эффективность	%	70%	99%	
Потребление топлива - ежегодное	т	100	37 732	м³
Стоимость топлива	UAH/т	4200,000	6,550	UAH/м³
Затраты на топливо	UAH	420 027	247 147	
<b>Отопительная система с пиковой нагрузкой</b>				
Технология				
Предлагаемая мощность	кВт		11,9	
Мощность	кВт		30,0	18,5%
Вид топлива			Электроэнергия	
Сезонная эффективность	%		95%	
Потребление топлива - ежегодное	МВт·ч		2	
Подводимое тепло	МВт·ч		1,7	0,5%
Стоимость топлива	UAH/кВт·ч		2,000	
Затраты на топливо	UAH		3 589	

Рисунок 2.20 – Проект теплозабезпечення СЗШ №121 з використанням газу

Финансовый анализ		
<b>Финансовые показатели</b>		
Темп инфляции	%	20,0%
Срок реализации проекта	г.	20
Коэффициент задолженности	%	0%
<b>Первоначальные затраты</b>		
Отопительная система	UAH	1 670 000
Прочее	UAH	0
<b>Общие первоначальные затраты</b>	UAH	1 670 000
<b>Стимулирование и гранты</b>	UAH	0
<b>Ежегодные затраты и выплата заемного капитала</b>		
Затраты на эксплуатацию и обслуживание (сбережения)	UAH	
Цена на топливо - Предлагаемый случай	UAH	250 735
Прочее	UAH	
<b>Итого ежегодные затраты</b>	UAH	250 735
<b>Ежегодная экономия и доход</b>		
Цена на топливо - Базовый случай	UAH	420 027
Прочее	UAH	
<b>Итоговая ежегодная экономия и доход</b>	UAH	420 027
<b>Экономическая целесообразность</b>		
ВНР перед уплатой налогов - активы	%	29,5%
Простой срок окупаемости	г.	9,9
Возврат капитала	г.	5,3

Рисунок 2.21 – Фінансовий аналіз системи теплопостачання з використанням газу

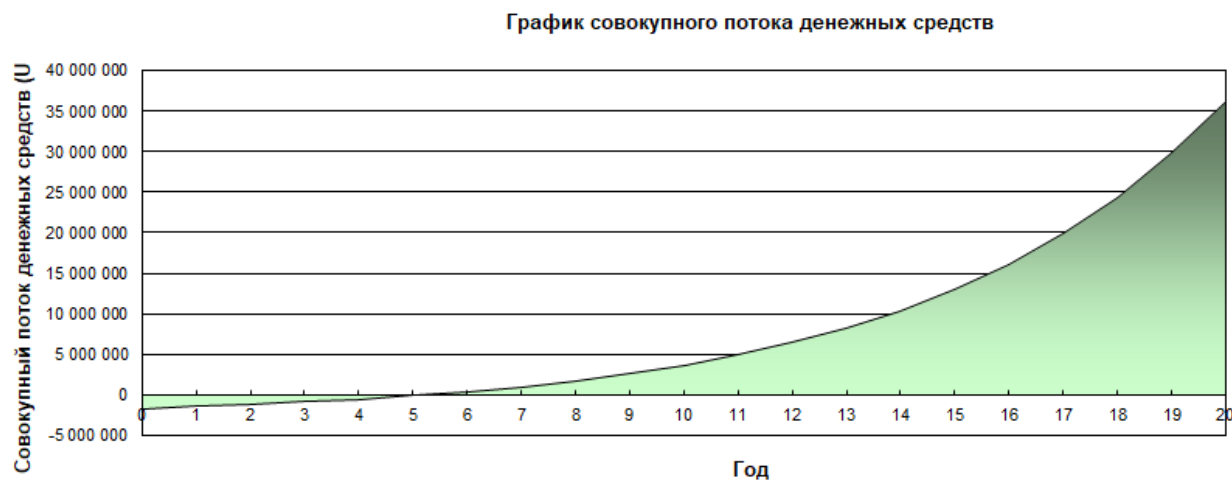


Рисунок 2.22 – Графік потоку фінансових ресурсів затрачених на систему теплопостачання з використанням газу

**Розрахунок твердопаливного котла з використанням дров**

Проект теплоснабжения				
Отапливаемая площадь в здании Мероприятия по энергосбережению Тепловая нагрузка здания Базовая потребность в горячей воде для коммунального теплоснабжения	м²	Базовый случай	Предлагаемый случай	Дополнительные капитальные UAH 1 100 000
		3 200	45%	
	Вт/м²	92	51	
	%		0%	
Итоговое потребление тепла	МВт·ч	633	348	
Отопительная система с базовой нагрузкой				
Технология			Система,	
Мощность	кВт	294,4	150,0	92,6%
Подводимое тепло	МВт·ч	633,2	346,6	99,5%
Вид топлива		Каменный уголь	Определяемое топливо	
Сезонная эффективность	%	70%	85%	
Потребление топлива - ежегодное	т	100	87 894	кг
Стоимость топлива	UAH/т	4200 000	2 000	UAH/кг
Затраты на топливо	UAH	420 027	175 788	
Отопительная система с пиковой нагрузкой				
Технология				
Предлагаемая мощность	кВт		11,9	
Мощность	кВт		20,0	12,4%
Вид топлива			Электроэнергия	
Сезонная эффективность	%		95%	
Потребление топлива - ежегодное	МВт·ч		2	
Подводимое тепло	МВт·ч		1,7	0,5%
Стоимость топлива	UAH/кВт·ч		1,660	
Затраты на топливо	UAH		2 978	

Рисунок 2.23 – Проект теплозабезпечення СЗШ №121 з використанням дров

### Финансовый анализ

#### Финансовые показатели

Темп инфляции	%	20,0%
Срок реализации проекта	г.	20
Коэффициент задолженности	%	

#### Первоначальные затраты

Отопительная система	UAH	1 326 000
Прочее	UAH	
<b>Общие первоначальные затраты</b>	<b>UAH</b>	<b>1 326 000</b>

#### Стимулирование и гранты

UAH 0

#### Ежегодные затраты и выплата заемного капитала

Затраты на эксплуатацию и обслуживание (сбережения)	UAH	
Цена на топливо - Предлагаемый случай	UAH	178 767
Прочее	UAH	
<b>Итого ежегодные затраты</b>	<b>UAH</b>	<b>178 767</b>

#### Ежегодная экономия и доход

Цена на топливо - Базовый случай	UAH	420 027
Прочее	UAH	
<b>Итоговая ежегодная экономия и доход</b>	<b>UAH</b>	<b>420 027</b>

#### Экономическая целесообразность

ВНР перед уплатой налогов - активы	%	41,0%
Простой срок окупаемости	г.	5,5
Возврат капитала	г.	3,5

Рисунок 2.21 – Фінансовий аналіз системи теплопостачання з використанням дров

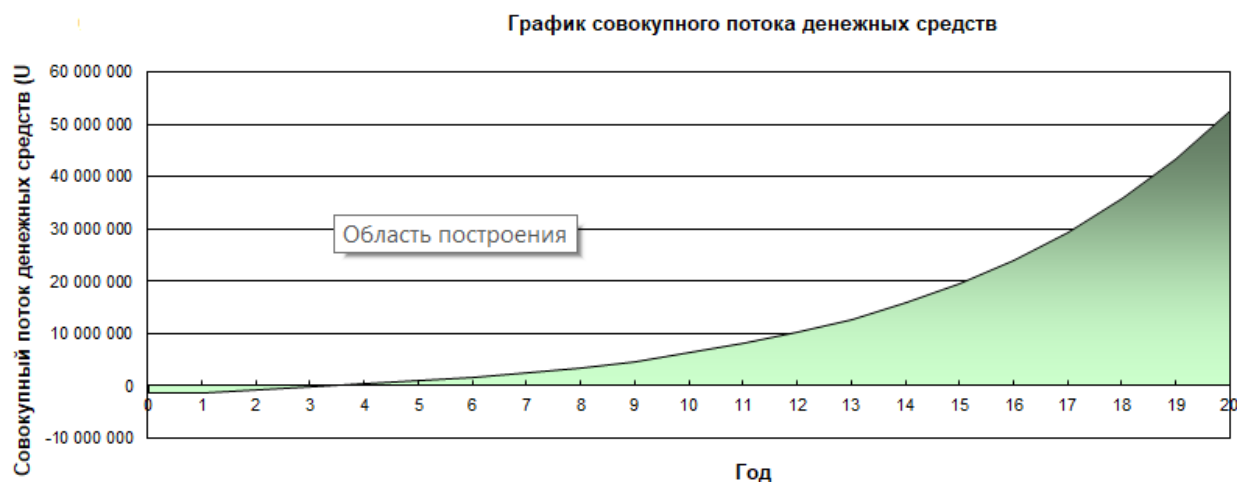


Рисунок 2.22 – Графік потоку фінансових ресурсів затрачених на систему теплопостачання з використанням дров



## Висновки до розділу

Проаналізувавши систему теплопостачання школи були запропоновано та розглянуто ряд сучасних твердопаливних котлоагрегатів для нової котельні школи. Серед можливих варіантів ми обрали перехід до біопаливних ресурсів(пелети, дрова, брикети) та газу.

За попереднього аудиту ми проводили дослідження використання тих самих ресурсів, але фінансову доцільність проекту оцінювали шляхом розрахунку терміну окупності через витрати палива та існуючі тарифи для них. Згідно наукового дослідження [4] в таблиці 2.8 представленні розраховані терміни окупності запропонованих енергоресурсів.

Таблиця 2.8 – Термін окупності котлоагрегатів з різними видами палива

Вид палива	Теплота згорання, МДж/м <sup>3</sup> (МДж/кг)	Витрата палива, м <sup>3</sup> /рік (кг/рік)	Ціна котла, грн	Ціна на паливо, грн/м <sup>3</sup> (грн/кг)	Економія, грн	Термін окупності, роки
Газ	33,4	33205	206000	6,55	279100	4,8
Пелети	16,4	70566	280000	3,2	259170	5,0
Брикети	13	86210	317988	3,4	196884	8,4
Дрова	16,7	67110	317988	2	330613	4,2

Для якісного аналізу фінансової доцільності проекту, ми провели дослідження даних енергоресурсів у середовищі RETScreen, через модель – проект теплопостачання.

Розрахунок здебільшого підтвердив нам, що із заданих видів енергоресурсів, дійсно проект котельні з твердопаливним котлом на дровах є окупним і економічно-доцільним, це перевірено двома використаними методами. Дрова як палива потребують дуже багато місця для зберігання і перед їх закиданням до топки котла, необхідно проводити попередню підготовку палива для нормального функціонування та виконання корисної роботи. Газ і пелети однаково доцільно використовувати для системи

опалення школи, розрахунок за витратою та RETScreen показали, що термін окупності проектів котелень з даними видами майже не відрізняється, але ми не враховуємо проект під'єднання до мереж, якщо для зберігання пелет необхідно мати бункер, який вже наявний у комплектації котла та невеликий сухий склад для зберігання, то для проектування газу необхідно мати газову магістраль, щоб була розташована в районі де знаходиться школа, щоб довжина комунікацій, які під'єднуються були як можна менша, адже збільшення мереж газопроводу це більше капітальних затрат, тому із переваг газового котла перед пелетним з автоматичною подачею є тільки високий ККД системи. Брикети також окупний проект, але із-за низького ККД системи і більшої витрати палива він є фінансово невигідним.

У таблиці 2.9 наведено порівняння термінів окупності за методом розрахунку через витрату палива та середовищем RETScreen.

Таблиця 2.9 – Порівняння термінів окупності, років

Вид палива	Метод витрати палива	RETScreen
Газ	4,8	5,3
Пелети	5,0	4,9
Брикети	8,4	10,7
Дрова	4,2	3,5

Головна відмінність результатів полягає у тому, що при розрахунку витрати палива ми маємо інформацію стосовно реального річного споживання енергоресурсів, в реальному часі маємо зношену систему з значно низьким ККД, а середовище RETScreen враховує номінальну ефективність роботи системи.

## **4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ**

### **4.1. Поточний стан**

Впровадження системи енергоменеджменту та моніторингу направлена на якісне управління та контроль використання енергетичних ресурсів, що може допомогти отримувати необхідну енергію із значною економією без негативного впливу на комфортні умови праці в закладі або установі.

Попередній аудит у СЗШ №121 показав, що СЕМ була відсутня. В школі проводиться облік використання електричної енергії, але це не більше ніж зняття показників для звіту в Солом'янську РДА.

### **4.2. Опис заходу з провадження СЕМ**

Енергоменеджмент – це діяльність, що спрямована на забезпечення раціонального використання ПЕР та базується на моніторингу енергоспоживання шляхом обліку, проведення енергоаудиту, контролю та аналізу ефективності використання ПЕР при впровадженні енергозберігаючих заходів.

Енергетичний моніторинг – це система процедур періодичного контролю енергоспоживання і умов експлуатації будівель.

Впровадження СЕМ у закладі буде проходити поступово і на початковій її стадії буде носити чисто організаційний характер. Спочатку назначаємо відповідальну особу в особі директора та завгоспа, або в майбутньому призначаємо незалежного експерта енергоменеджера.

Наступним кроком необхідно скласти повну карту споживання енергії, розподілення споживання та власне споживачів електроенергії. Скласти необхідний баланс споживання енергії в школі, тобто повинна бути інформація про обсяги споживання електричної, теплової енергії та ГВП.

Оскільки в школі введена система обліку електричної енергії – буде назначено відповідальну особу, яка буде вести моніторинг показників на протязі місяця кожен день, завдяки цьому заходу ми зможемо спостерігати, в який період часу є найзначніші витрати електричної енергії, що може допомогти нам в подальшому вести порівняння з базовим рівнем споживання електроенергії та проводити роботу з проблемними точками, де електрична енергія споживається позанормово.

Згідно [9] необхідно ввести енергетичну політику, введення енергетичної політики процес кропіткий та задля того, щоб учні та працівники закладу грамотно слідували енергополітиці необхідно провести роботу з керівництвом та іншими працівниками, тобто підвищити рівень поінформованості співробітників закладу про загальні характерні риси СЕМ.

Якщо впровадження СЕМ буде впровадженно успішно необхідно залучати спеціалістів та утворювати відділ енергменеджменту, щоб надалі проводити якісний моніторинг енергетичних систем закладу та грамотно розпоряджатися енергетичними ресурсами.

Для успішного впровадження СЕМ в першу чергу необхідна зацікавленність саме збоку керівників закладу адже з їх допомогою та якісним моніторингом на початковій стадії, СЕМ надалі буде прогресувати, а школа може стати взірцем споживання енергетичних ресурсів для всієї столиці.

Впровадження данного заходу може призвести до економії споживання енергетичних ресурсів приблизно 10-20%.

## **5 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «ПРОЕКТУВАННЯ ТА МОНТАЖ КОТЕЛЕНЬ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА ДЕРЕВНИХ ПЕЛЕТАХ»**

Стартап – це новостворений проект, який знаходиться на стадії розвитку власного нового бізнесу на основі інноваційних ідей, або на основі технологій, які нещодавно з’явилися.

Стартап є достатньо ризиковою формою розвитку власного бізнесу, але за останнє десятиліття набуло широкого розповсюдження в світі, в Україні ця тенденція також підтримується, адже стартап це та форма створення справи перед якою відкриті всі двері і обмежена кількість бар’єрів. В епоху розвитку інтернету набагато простіше знаходити джерела збуту продукції або послуг, стало простіше займатися пошуком ресурсів, а також простіше знаходити інвесторів. Такий підхід є основною складовою інноваційної економіки в сучасному світі, оскільки за рахунок мобільності, гнучкості та великої кількості стартап - проектів загальна маса інноваційних ідей зростає.

В умовах жорсткого розподілу ринку дедалі меншими стають шанси нових бізнес-структур. Саме тому важливе впровадження новітніх технологій та виведення їх на рівень ринку інноваційних продуктів, тобто необхідно забезпечити унікальність продукту адже досягають успіху тільки до 20% новостворених стартапів. Успішний стартап – це створена унікальна, новітня робоча бізнес-модель, що одразу визначає концепцію товару або послуги для окремої групи споживачів.

Розробка та виведення стартапу на ринок передбачає опрацювання декількох кроків, в яких необхідно визначити ринкові перспективи проекту, принципи організації виробництва, виконати фінансовий аналіз та аналіз ризиків і запропонувати заходи з просування пропозиції для інвесторів.

### **5.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проекту**

В Україні існує проблема використання застарілих технологій в енергетичній сфері, не винятком є і використання котелень із застарілими котельними агрегатами, які працюють на викопних ПЕР (вугілля, торф). Прикладами таких установок є газомазутні та твердопаливні котли КБНГ, ВК, КВ-Г, КГВМ, НІСТУ–5, що використовують природний газ, вугілля, мазут як джерела теплової енергії. Багато котелень, які працюють в школах на таких ПЕР, працюють з порушенням ДБН України[3], тобто встановлення котельних на даних ресурсах в закладах освіти взагалі неможлива з точки зору техніки безпеки та екології із-за високої концентрації шкідливих викидів внаслідок роботи обладнання.

Тому головною ціллю є перехід від традиційних викопних палив до біопалива, як перспективного напрямку в муніципальних та бюджетних установах.

### **5.2 Обґрунтування актуальності та новизна інноваційної ідеї стартап-проекту**

В Україні розроблена енергетична стратегія до 2035 року, яка спланована реалізуватися в декілька етапів:

I етап: Реформування енергетичного сектору України (до 2020 року);

II етап: Оптимізація та інноваційний розвиток енергетичної інфраструктури (до 2025 року);

III етап: Забезпечення сталого розвитку (до 2035 року).

Згідно з ЕСУ головний курс України лежить на декарбонізацію виробництва енергії, завдяки частці використання ВДЕ, прийнято, що до 2035 року частка ВДЕ в енергетичній системі України має становити 25% і більше (сонячна, вітрова та гідрогенерація) та місцеві альтернативні відновлювані ресурси мають становити – 20% (біопаливо). Але якщо

звернутись до першого та другого етапів частка біопалива має складати до 15%, в той час як можливий показник ВДЕ – максимум 10% із-за того, що технологічність даних процесів генерації достатньо важка і поки, що проходить стадію адаптації в вітчизняній енергетиці. Тому ми маємо на меті займатися облаштуванням котелень на біопаливі, а саме деревних пелетах.

Головним стимулом для проектування котелень з деревними пелетами є економічність та екологічність. У таблиці 5.1 показано аналіз актуальності та новизни проекту.

Таблиця 5.1 – Актуальність та новизна стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Переваги та вигоди споживача
Створення власної сервісної фірми, яка надає послуги з проектування, монтажу та обслуговування котелень, які працюють на деревних пелетах, для того щоб розвивати ідею переходу на відновлювальні ресурси та енергозберігаючі та екологічні технології	Споживачі бюджетної сфери (заклади освіти)	Економія енергоресурсів, використання екологічно чистих технологій, економія коштів, що витрачає установа на опалення

### 5.3 Аналіз конкурентного середовища

У таблиці 5.2 виконаємо аналіз найбільш близьких за діяльністю конкурентів на ринку, визначимо найбільш сильні та слабкі сторони проекту.

Таблиця 5.2 – Аналіз сильних та слабких сторін проекту

П / П	Техніко- економічні характеристики ідеї	Власний проект	Газові котельні	Котельн і на мазуті та вугіллі	Дров'яні котельні	W (слабка сторона)	N(нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
1.	ККД системи, %	90-95	94-99	до 85	87-90		+	
2.	Можливість автоматизації	Так	Так	Ні	Ні			+
3.	Екологічність	Висока	Висока	Низька	Низька			+
4.	Економічність	Висока	Висока	Середня	Середня			+
5.	Енергоефектив- ність	Середня	Висока	Низька	Низька		+	
6.	Доступність	Висока	Середня	Низька	Середня			+
7.	Незалежність від політичної ситуації	Висока	Низька	Низька	Висока			+

#### 5.4. Ключові види діяльності та ключові пратнери

Щоб реалізувати задуманий проект та успішно його розвивати необхідно влаштовувати зв'язки з фірмами, які будуть забезпечувати нас необхідними ресурсами, також необхідно набрати спеціалістів для успішного впровадження проектно-монтажних робіт наших котелень. Ключові види діяльності показано у таблиці 5.3.



Таблиця 5.3 – Ключові види діяльності

Назва діяльності	Опис діяльності	Результат діяльності
Договір з фірмою, яка виробляє необхідне обладнання	Організація роботи з фірмами Metal Fach, Bosch, Aton, Alter які виробляють пелетні котли високої потужності	Маючи партнерів маємо безперебійну роботу з влаштування котелень від надійного виробника
Оренда приміщення	Оренда приміщення для подальшої організації офісу сервісної фірми	Маємо приміщення де можна влаштувати відділ по роботі з клієнтською базою, займатися проектувальними роботами, займатися логістикою
Закупівля техніки	Закупівля техніки для майбутніх спеціалістів з проектування та монтажу котелень	Маємо комп'ютери на яких можемо виконувати проекційні завдання
Закупівля програмного забезпечення	Для того, щоб набирати спеціалістів з проектування наших котелень необхідно закупити необхідне інженерне програмне забезпечення SolidWorks, AutoCAD, Kompas	Маємо програмне забезпечення, маємо можливість проектувати комунікації та робити необхідні розрахунки та техніко-економічний аналіз майбутніх проектів
Проекційна діяльність	Набираємо спеціалістів з проектування котелень, які вільно володіють інженерним ПЗ і можуть в майбутньому стажувати нових працівників при можливому розширенні відділу проектування	Наявність інженерів-проектувальників
Логістика	Запускаємо роботу відділу логістики, що дозволить нам знаходити нових надійних партнерів серед фірм-виробників котельного обладнання	Наявність спеціалістів із закупівлі та логістики
Лізинг	Оскільки ми молода фірма, ми звернемося до лізингу, тобто орендуватимемо необхідне обладнання, для монтажників	Наявність обладнання для монтажу котелень

## 5.5 Фінансове обґрунтування стартап-проекту

### 5.5.1 Прямі матеріальні витрати

В таблиці 5.4 наведено аналіз прямих матеріальних витрат.

Таблиця 5.4 – Прямі матеріальні витрати

п/п	Назва ресурсу	Одиниця вимір.	Ціна	Кількість ресурсу	Потреба на місяць	Потреба на рік
1.	Витрати сировини й матеріалів	грн.	100000	1	100000	1200000
2.	Витрати купівельних напівфабрикатів та комплектуючих виробів	грн.	13000	3	39000	468000
3.	Електроенергія	грн. за кВт/год	0,557	470	261,79	3141,48
4.	Комунальні послуги	грн./м <sup>2</sup>	18,6	60	1116	13392
	МНМА					
Всього:						<b>1684533,5</b>

### 5.5.2 Витрата на оплату праці

У таблиці 5.5 наведено структуру персоналу та ФОП.

Таблиця 5.5 – Структура персоналу та ФОП

П/П	Посада	Форма оплати	Кількіс ть праців ників	Заробітна плата (грн.)		
				за місяць	за квартал	за рік
Адміністративно-технічний персонал						
1.	Директор	ставка	1	20000	60000	240000
2.	HR-менеджер	ставка	1	16500	49500	198000
3.	Маркетинг-менеджер	ставка	1	16500	49500	198000
4.	Account-менеджер	ставка	1	15000	45000	180000
5.	Інженер- проектувальник	ставка	2	26000	78000	312000
Всього						<b>1128000</b>
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду (22 %)						<b>248160</b>
ФОП						<b>1376160</b>
Виробничий персонал						
1.	Спеціаліст з монтажу	відрядна	6	78000	234000	936000
2.	Водій	ставка	2	18000	54000	216000
3.	Вантажник	ставка	4	32000	96000	384000
Всього						<b>1536000</b>
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду (22 %)						<b>337920</b>
ФОП						<b>1873920</b>
ВСЬОГО						<b>3250080</b>

### 5.5.3 Обґрунтування вартості задіяних основних фондів та амортизаційних відрахувань

В таблиці 5.6 проведемо обґрунтування вартості основних фондів та амортизаційні відрахування.



### 5.5.4 Інші прямі витрати

В таблиці 5.7 наведено аналіз інших непрямих витрат.

Таблиця 5.7 – Інші непрямі витрати фірми

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн.	
		на місяць	на рік
1. Охорона	Угода	1000	12000
2. Реклама	Угода	15000	180000
3. Оренда	Угода	11000	132000
4. Транспортні витрати	Розрахунки	7500	90000
<b>ВСЬОГО:</b>			<b>414000</b>

### 5.5.5 Загально-виробничі витрати

В таблиці 5.8 наведено аналіз загально-виробничих витрат.

Таблиця 5.8 – Загально-виробничі витрати

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн.	
		на місяць	на рік
1. Витрати на управління виробництвом	Розрахунок	71800	861600
2. Амортизація основних засобів загально-виробничого призначення	Розрахунок	28000	336000
3. Витрати на активи загально-виробничого призначення	Розрахунок	34500	414000
4. Витрати на вдосконалення технології та організації виробництва	Розрахунок	156000	1872000
5. Витрати на опалення, освітлення, водопостачання та водовідведення	Розрахунок	1500	18000
6. Витрати на охорону праці і охорону навколишнього середовища	Розрахунок	13000	156000
<b>ВСЬОГО:</b>			<b>3657600</b>

### 5.5.6 Умовно-змінні витрати

В таблиці 5.9 наведено аналіз умовно-змінних витрат при тому, що за місяць фірма облаштовує 6 котелень.

Таблиця 5.9 – Загально-виробничі витрати

Статті витрат	Джерела даних	Витрати (грн.)			
		на 1 од.	на місяць	на квартал	на рік
1.Прямі матеріальні витрати	табл.5.4	23396,3	140378	421133,4	1684533,5
2.ФОП виробничого персоналу	табл. 5.5	26026,7	156160	468480	1873920
3. Транспортні витрати	табл. 5.7	1250	7500	22500	90000
<b>ВСЬОГО:</b>					3648453,5

### 5.5.7 Умовно-постійні витрати

В таблиці 5.10 бачимо аналіз умовно-постійних витрат при тому, що за місяць фірма облаштовує 6 котелень.

Таблиця 5.10 – Умовно-постійні витрати

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, грн			
		на 1 од.	на місяць	на квартал	на рік
1.ФОП адміністративно-технічного персоналу	табл.5.5	19113,3	114680	344040	1376160
2. Амортизаційні відрахування	табл. 5.6	4957,0	29742,2	89226,5	356906
3. Оренда	табл. 5.7	1833,3	11000	33000	132000
4.Охорона	табл. 5.7	166,7	1000	3000	12000
5.Реклама	табл. 5.7	2500,0	15000	45000	180000
<b>ВСЬОГО:</b>					<b>2057066</b>

### 5.5.8 Накладні витрати

В таблиці 5.11 розрахунок накладних витрат при тому, що за місяць фірма облаштовує 6 котелень.

Таблиця 5.11 – Розрахунок накладних витрат

Показники	Джерела даних	На одиницю	На місяць	На квартал	На рік
1. Умовно-постійні витрати, тис. грн.	табл. 5.10	28569,44	171416,7	514250	2057000
2. Частка випуску продукції у загальному обсягу виробництва, %	обґрунтування	13888,89	83333,33	250000	1000000
3. Накладні витрати, грн.	стр.1 * стр.2 / 100%				3057000

### 5.5.9 Обґрунтування собівартості інноваційної ідеї стартап-проекту

Розрахунок собівартості інноваційної ідеї представлено у таблиці 5.12.

Таблиця 5.12 – Обґрунтування собівартості проекту

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, грн			
		На одиницю	на місяць	на квартал	на рік
1. Умовно-змінні витрати	табл. 5.9	50672,97	304037,8	912113,4	3648453,5
2. Умовно-постійні (накладні) витрати	табл. 5.10	28570,36	171422,2	514266,5	2057066
3. Собівартість	стр.1+стр.2	79243,33	475460	1426380	<b>5705519,5</b>

## 5.6 Обґрунтування рівня рентабельності (прибутковості) інноваційної ідеї

Обґрунтування рівня рентабельності наведено в таблиці 5.13.

Таблиця 5.13 – Обґрунтування рівня рентабельності

Статті витрат	Джерело даних	Од. вимір.	Значення показників.
1. Собівартість одиниці продукції	табл. 5.12	грн	79243,33
Обсяг виробництва в рік	Прогноз		80 котелень
2. Необхідний прибуток	пп. 2,1+2,2+2,3+2,4+2,5+2,6+2,7	грн	98428,56
2.1. Кредитні засоби та їх обслуговування	Кредитна угода	грн	0
2.2. Засоби ФРВ	Колективна угода	грн	39621,7
2.3. Засоби ФСР	Колективна угода	грн	19810,8
2.4. Засоби ПФ	Колективна угода	грн	7924,3
2.5. Грошові виплати власникам підприємства	Колективна угода	грн	11886,5
2.6. Фінансовий резерв	$(2.1+2.2+2.3+2.4+2.5)*0.05/0.95$	грн	4170,7
2.7. Податок на прибуток	$(2.1+2.2+2.3+2.4+2.5)*0.18$	грн	15014,53
3. Необхідний рівень рентабельності продукції	п. 2/п. 1 * 100%	%	<b>124</b>



## 5.7 Обґрунтування вартості виробництва інноваційної технології

Обґрунтування вартості виробництва інноваційної технології показано у таблиці 5.13.

Таблиця 5.13 – Обґрунтування вартості інноваційної технології

Статті витрат	Джерело даних	Одиниці вимірювання	Значення показників
1. Собівартість одиниці товару (послуги)	табл. 17	грн.	79243,33
2. Норма рентабельності	табл. 18	%	24,00%
3. «Нормальний» питомий прибуток	п.1 * п.2 / 100%	грн.	19018,40
4. Вартість виробництва одиниці продукції	п.1 + п.3	грн.	98261,73
5. ПДВ	п.4*0,2	грн.	19652,35
6. Відпускна ціна товару (послуги)	п.4+п.5	грн.	117914,08

Для обґрунтування залежності між обсягами виробництва, прибутку та витратами доцільне формування ціни на основі беззбитковості виробництва. При цьому особлива увага приділяється аналізу випуску продукції, що дозволяє визначати критичний обсяг виробництва товару при якому витрати дорівнюють виручці від реалізації товару. При цьому підприємство не має ні прибутків, ні збитків, що означає такий обсяг виробництва товару, який покриває здійснені підприємством витрати [6].

Для аналізу границь змін відпускної ціни в умовах вільного ринку необхідне проведення маркетингового дослідження на продукти-аналоги. Результати досліджень записуються в таблицю 5.15.

Таблиця 5.14 – Порівняльний аналіз сформованої ціни з цінами конкурентних товарів-аналогів

Види ціни	Джерело даних	Одиниці вимірювання	Показники
1. Розрахункова ціна виробництва одиниці продукції з ПДВ	Табл. 5,13	грн.	117914,08
2. Ринкові ціни товарів-аналогів на ринку	Маркетингове дослідження ринку	грн.	150000
мінімальна		грн.	120000
максимальна		грн.	186200
середня		грн.	153100
3. Скоригована ціна реалізації			125000

### 5.8 Цільові групи потенційних споживачів

Вибір цільових груп споживачів показано у таблиці 5.15.

Таблиця 5.15 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис цільової групи потенційних клієнтів	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Заклади освіти	Залежність від рівня готовності споживача вкласти кошти в модернізацію або переобладнання або впровадження нових якісних технологій	Середня	Середні бар'єри входу в ринок
<i>Цільові групи: обрано заклади освіти так як працюємо у данному сегменті</i>				

## 5.9 Канали збуту

Канали збуту — це сукупність фірм або окремих осіб, які виконують посередницькі функції щодо фізичного переміщення товарів і перебирають на себе або сприяють переданню права власності на товари на шляху їх просування від виробника до споживача. Незважаючи на те, що при використанні послуг посередників виробник певною мірою втрачає контроль за реалізацією товарів, більшість підприємців вважає вигідним залучення посередників. Необхідно визначитися або проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту); вибрати та обґрунтувати необхідність та вид посередників.

Визначимо канали збуту обладнання та зведено до таблиці 5.16.

Таблиця 5.16 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Оптимальна система збуту
1	Разова покупка продукту та замовлення обслуговування котельні	Збут через мережу інтернет, напряму зі споживачем, робота з базою клієнтів	Робота напряму з клієнтами

## 5.10 Бізнес-модель проекту

Розробка стартап-проекту - це створення бізнес-моделі комерціалізації науково-технічних розробок. Побудова конкурентної бізнес-моделі є ефективним інструментом вирішення поставлених у роботі задач і представляє структуру найважливіших елементів бізнес-проекту та є джерелом інноваційних ідей і підходів, які можуть бути застосовані в унікальному поєднанні компонентів [15]. В таблиці 5.17 представляємо структуру бізнес-моделі інноваційного обладнання або технології.

Таблиця 5.17 – Структура бізнес моделі

Ключові партнери	Ключові види діяльності	Цінність пропозиції	Взаємовідносини з клієнтами	Споживчі сегменти
Виробники котельного обладнання, фірми: Metal Fach, Bosch, Aton, Altep	Проектування, монтаж та обслуговування котелень			
	Ключові ресурси			
	Трудові, матеріальні, інформаційні, фінансові	Канали збуту		
			Прямі продажі послуг	
Структура собівартості			Потоки надходження доходу: основний дохід від проектування, монтажу та обслуговування котелень, які ми встановлюємо	
1.Витрати разові (капітальні): облаштування офісу, закупівля необхідного обладнання.				
2.Витрати постійні: З/П адміністративно-технічного персоналу, амортизаційні відрахування, оренда, охорона, реклама				
3.Витрати змінні: З/П виробничого персоналу, транспортні витрати, витрати на комунальні послуги				

## Висновки до розділу

Проведений аналіз стартап-проекту, показав, що створення сервісної фірми, яка займається впровадженням технологій нових котелень з деревних пелет, є достатньо перспективним проектом з можливістю комерціалізації. Аналіз ринку та аналіз розвитку енергетичних систем генерації теплової енергії в Україні, що задає тон розвитку ринку, показав, що на сьогоднішній день існує великий попит на впровадження екологічно чистих та економічно доцільних технологій з виробництва енергії. Також достатньо позитивна динаміка, для розвитку подібних компаній, адже багато бюджетних установ почали працювати в напрямку модернізації систем енергопостачання та направлені на раціональне використання енергетичних ресурсів, а також на боротьбу за чисте оточуюче середовище.

Також аналіз ринку показав високий рівень конкуренції в данному напрямку, оскільки є фірми, які активно працюють над запровадження систем з ВДЕ (сонячна генерація), але по доступності та простоті використання для споживачів нашого сегменту є саме котельні з біопаливними відновлюваними ресурсами.

В ході аналізу проекту враховуючи початкові капіталовкладення та собівартість послуг, які ми збираємось надавати клієнтам нашої фірми вираховали, що рентабельність проекту складає 24 %, достатньо високий показник, який дає втішні прогнози, щодо розвитку нашої фірми до сервісної компанії, яка має перспективу виходу на всеукраїнський ринок. Для початку хочемо досягти цифру у 80 організованих та закінчених проектів за календарний рік, 50 % від всіх коштів будуть направлені на розвиток фірми. Надалі плануємо виконувати в середньому 100-120 проектів на рік з подальшим розширенням.

У таблиці 5.18 наведені узагальнюючі техніко-економічні показники стартап-проекту.

Таблиця 5.18 – Узагальнюючі техніко-економічні показники

Показники	Значення
Річний випуск продукції, од.	80
Капіталовкладення, тис. грн.	3000,0
Собівартість продукції, тис. грн.	5705,5
Ціна продукту, грн	117915
Прибуток, тис. грн.	1550,0
Рентабельність, %	24

## ВИСНОВКИ

Метою магістерської дисертації було проаналізувати доцільність використання різних видів палива для твердопаливних котлів СЗШ №121. В ході роботи ми вивчали можливості переходу до таких ресурсів: пелети, брикети, дрова. Також проаналізували перехід до газової котельної. Розглядали можливість опалювання централізованого, але немає можливості підключення. Оскільки школа знаходиться у приватному секторі і великих централізованих споживачів поруч немає.

Основним паливом для проектування нової котельної обрали пелети, оскільки є можливість автоматизації, відносно дешевий проект котельної, екологічно чисте паливо, економічно-доцільне у експлуатації.

В таблиці покажемо результат розрахунків котлів з різним видом палива

Таблиця В.1– Аналіз котлів з різним видом палива

Вид палива	Теплота згорання, МДж/м <sup>3</sup> (МДж/кг)	Витрата палива, м <sup>3</sup> /рік (кг/рік)	Ціна котла, грн	Ціна на паливо, грн/м <sup>3</sup> (грн/кг)	Економія, грн	Термін окупності, роки
Газ	33,4	33205	206000	6,55	279100	4,8
Пелети	16,4	70566	280000	3,2	259170	5,0
Брикети	13	86210	317988	3,4	196884	8,4
Дрова	16,7	67110	317988	8,5	330613	4,2

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДБН В.2.5-77:2014. Котельні. Правила експлуатації котелень.// Офіційне. – 2014. – С. 49.
2. Теплова ізоляція будівель. ДБН В.2.6-31:2006. // Офіційне. – 2006. – С. 69.
3. ДБН В.2.5-77:2014. Котельні. Правила експлуатації котелень.// Офіційне. – 2014. – С. 49.
4. ДБН В.2.5-23-2010 . Проектування електрообланання об'єктів цивільного призначення.. // Офіційне. – 2009. – С. 163.
5. Правила улаштування електроустановок. Електропостачання та електричні мережі. Загальні вимоги / ПУЕ., 2017. – 747 с.
6. ДБН В.2.5-23-2010 Проектування електрообланання об'єктів цивільного призначення.. // Офіційне. – 2009. – С. 163.
7. ДБН А.2.2-3-2014 Склад і зміст проектної документації на будівництво. 2014. – С. 121.
8. Техніко-економічний аналіз модернізації котельні школи/зб. текстів виступів на міжвуз. наук.-практ. конф./ ОНЕУ, 2019 – 240 с.
9. ДСТУ ISO 50001:2014 «СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ» // Офіційне. – 2014. – С. 163.
10. Правила улаштування електроустановок. Облік електроенергії/ ПУЕ., 2017. – 747 с.
11. ДБН А.2.2-1-2003 Склад і зміст матеріалів оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд.
12. ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013 Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва. Офіційне. – 2013. – С. 140.



13. Стартап-проект. Рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації «Розроблення стартап-проекту» [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальностей: 101 «Екологія», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 144 «Теплотехніка», спеціалізацій: «Інженерна екологія та ресурсозбереження», «Інжиніринг електротехнічних комплексів», «Електромеханічні та мехатронні системи енергоємних виробництв», «Системи електропостачання», «Енергетичний менеджмент та енергоефективність» «Енергетичний менеджмент та інжиніринг» / П. В. Круш, Н. А. Шевчук, О. І. Андрусь ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні тестові дані (1 файл: 127 КБ). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 50 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/27914>
14. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.// Офіційне. – 2014. – С. 57. ДБН В.2.6-31:2006.
15. ДСТУ-Н Б В.1.1:2010. Будівельна кліматологія. // Офіційне. – [Чинний від 2010-06-01]. – Київ, 2010. – С. 123.
16. Теплотворность древесины [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://tehnopost.kiev.ua/drova/13-teplotvornost-drevesiny.html>
17. Правила улаштування електроустановок. Автоматика / ПУЕ., 2017. – 747 с.